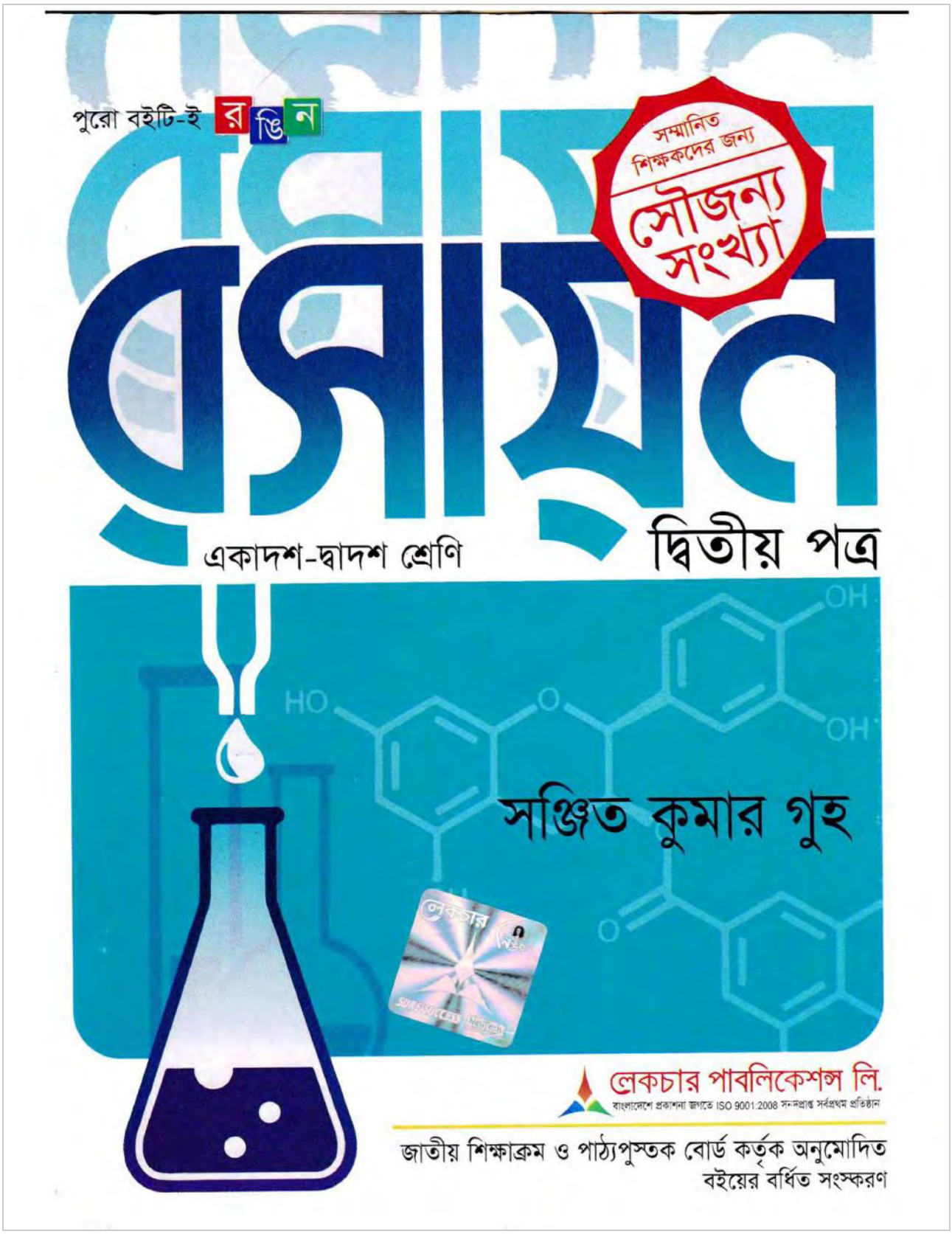

পুরো বইটি-ই রঙিন
সম্মানিত শিক্ষকদের জন্য
সৌজন্য সংখ্যা
রসায়ন
একাদশ-দ্বাদশ শ্রেণি
দ্বিতীয় পত্র
সঞ্জিত কুমার গুহ
লেকচার পাবলিকেশন্স লি.
বাংলাদেশে প্রকাশনা জগতে ISO 9001:2008 সনদপ্রাপ্ত সর্বপ্রথম প্রতিষ্ঠান
জাতীয় শিক্ষাক্রম ও পাঠ্যপুস্তক বোর্ড কর্তৃক অনুমোদিত
বইয়ের বর্ধিত সংস্করণ

পরিবর্তিত শিক্ষাক্রম ও পাঠ্যসূচির আলোকে প্রণীত এবং জাতীয় শিক্ষাক্রম ও পাঠ্যপুস্তক বোর্ড কর্তৃক অনুমোদিত একাদশ-দ্বাদশ শ্রেণির পাঠ্যপুস্তকের বর্ধিত সৃজনশীল সংস্করণ

[অনুমোদন স্মারক নং : শি:শা: ২৮৫/৯৭ (পার্ট-৩)/৩৮২(১৭০)৯ ; তারিখ : ০৩/০৪/২০১৪]

রসায়ন

দ্বিতীয় পত্র

একাদশ-দ্বাদশ শ্রেণি

০৬/১১/১৬

শিক্ষার্থীদের পাঠকে আনন্দময় করতে পুরো বইটি-ই র ঙি ন

বর্ধিত সৃজনশীল সংস্করণ : অক্টোবর, ২০১৬

রচনা ও সম্পাদনায়

সঞ্জিত কুমার গুহ

বিভাগীয় প্রধান, রসায়ন বিভাগ

নটর ডেম কলেজ, ঢাকা

লেকচার পাবলিকেশন্স লি.

বাংলাদেশে প্রকাশনা জগতে ISO 9001:2008 সনদপ্রাপ্ত সর্বপ্রথম প্রতিষ্ঠান

প্রকাশক
লেকচার পাবলিকেশন্স লি.
৩৭ নর্থব্রুক হল রোড, বাংলাবাজার, ঢাকা-১১০০
ফোন : ৭১২৫২২৩
Web: www.lecturepublications.com

©
লেখক কর্তৃক সংরক্ষিত

কৃতজ্ঞতা স্বীকার
বইটি প্রণয়নে দেশি-বিদেশি রেফারেন্স বই, পত্র-পত্রিকা, জার্নাল ইন্টারনেটের সাহায্য নেওয়া হয়েছে। এগুলোর প্রণেতা ও প্রকাশকগণের প্রতি কৃতজ্ঞতা জ্ঞাপন করছি

সতর্কীকরণ
পুস্তকটির কোনো অংশ বা সম্পূর্ণ পুস্তক কোনোভাবে বা কারও কর্তৃক হুবহু বা পরিমার্জিত আকারে প্রকাশ ও প্রচার করা অবৈধ ও দণ্ডনীয় বলে বিবেচিত হবে

প্রকাশকাল
প্রথম প্রকাশ : এপ্রিল, ২০১৪
বর্ধিত সৃজনশীল সংস্করণ : অক্টোবর, ২০১৬

সার্বিক তত্ত্বাবধান
সজল কান্তি দাশ

সমন্বয়
মোহাম্মদ আহসানুল হাবীব

প্রচ্ছদ
আজহার বিন ফরহাদ

গ্রাফিক্স
এস. এ সাব্বির, সাইফুল সাগর, এম. আর. কিরন

কম্পিউটার কম্পোজ
মোঃ তফসির উদ্দিন, আবু আনসার আজাদ

মুদ্রণ
লেকচার প্রিন্টার্স, ঢাকা-১১০০

**সম্মানিত শিক্ষকদের জন্য
সৌজন্য সংখ্যা হিসেবে নির্ধারিত**

ISBN : 978-984-90643-3-6

HELPLINE
24x7 Customer Care
09638777777
helpline@lecturepublications.com
অভিযোগ, সমস্যা, পরামর্শ, অভিমতসহ যেকোনো প্রয়োজনে...
০১৯৩৯৯১৯১৪৮ [সকাল ৯টা - বিকেল ৫টা]

বিক্রয় ও বিপণন বিভাগ
০১৯৩৯৯১৯১৬৯, ০১৯৩৯৯১৯১৭০

বিতরণ বিভাগ
০১৯৩৯৯১৯১৬২, ০১৯৩৯৯১৯১৬৪

লেখকের সাথে যোগাযোগের জন্য :
০১৯৩২৯৭৪২৮৪ [রাত ৮টা - রাত ১০টা] skguhachem@gmail.com www.facebook.com/skguhachemistry

বর্ধিত সৃজনশীল সংস্করণের ভূমিকা

জাতীয় শিক্ষাক্রম ও পাঠ্যপুস্তক বোর্ডের বিজ্ঞপ্তি ও নির্দেশ অনুযায়ী জাতীয় শিক্ষাক্রম ২০১২-এর শিক্ষাক্রম ছক পুঙ্খানুপুঙ্খ অনুসরণে ২০১৪ সালের এপ্রিল মাসে আমার লিখিত রসায়ন দ্বিতীয় পত্র বইটি একাদশ-দ্বাদশ শ্রেণির পাঠ্যপুস্তক হিসেবে অনুমোদিত হয়। বইটি প্রকাশের পর সম্মানিত শিক্ষক ও স্নেহের শিক্ষার্থীদের নিকট হতে ব্যাপক প্রশংসা ও অভিনন্দন পেয়েছি। কেউ কেউ পরামর্শ দিয়েছেন, গঠনমূলক সমালোচনাও করেছেন। এজন্য শিক্ষক-শিক্ষার্থীদের নিকট আমি কৃতজ্ঞ। এসব পরামর্শ ও সমালোচনার আলোকে বিদ্যমান ত্রুটি-বিচ্যুতি সংশোধন ও প্রয়োজনীয় তথ্যাবলি সংযোজন করে এ বইটি বর্ধিত সৃজনশীল সংস্করণ হিসেবে প্রকাশ করা হলো। সর্বোপরি পরিবর্তিত সৃজনশীল পদ্ধতির আলোকে বিষয়বস্তুর উপস্থাপনা ও প্রাসঙ্গিক তথ্যাবলি এ বইটিতে সন্নিবেশ করা হলো।

আমি মনে করি, লেখকের স্বার্থকতা তখনই পূর্ণতা পায় যখন তার বইটি পড়ার সময় ছাত্র-ছাত্রীরা উপলব্ধি করে, লেখক অনুপস্থিত থেকেও যেন উপস্থিত আছেন। তাই শ্রেণিকক্ষে যেভাবে পড়াই, ঠিক সেভাবেই বইটিতে সবকিছু উপস্থাপনের চেষ্টা করেছি।

আমার দেশের নতুন প্রজন্মকে বিজ্ঞানমনস্ক, অনুসন্ধিৎসু, সর্বোপরি মেধাবিকাশে কার্যকর অবদান রাখার ক্ষেত্রে বইটিতে ১৫৮টি 'চিন্তা করে উত্তর দাও', বিষয়বস্তুর প্রেক্ষাপটে ১৭২টি 'চিন্তামূলক সৃজনশীল কাজ' এবং বিশ্লেষণীয় তথ্যনির্ভর ১৬৩টি 'মনে রাখা প্রয়োজন' (বক্স আকারে) দেওয়া হয়েছে। নিজে কর ও দলগতভাবে কর; এ প্রেক্ষাপটে ৭৩টি বিষয়বস্তুর ওপর ৫৫১টি কাজ দেওয়া হয়েছে। আমার বিশ্বাস এগুলো শিক্ষার্থীদের উচ্চ শিক্ষা লাভের ক্ষেত্রে সুদৃঢ় ভিত্তি ও সৃজনশীল মেধা বিকাশে সহায়ক হবে। অনুসন্ধানমূলক প্রতিবেদন দেওয়া হয়েছে ৭টি; আশা রাখি শ্রদ্ধেয় শিক্ষকমণ্ডলী এ বিষয়ে ছাত্র-ছাত্রীদের উদ্বুদ্ধ করবেন এবং প্রতিটি প্রতিবেদন জমা নিয়ে যথাযথভাবে মূল্যায়ন করবেন। এসব কাজের মধ্য দিয়ে শিক্ষার্থীদের অনুসন্ধিৎসু দৃষ্টি আরও বিকশিত হবে। শিক্ষা সফর, ন্যাচার স্ট্যাডি, কর্মশালা সর্বোপরি সেমিনারের আয়োজনের কথা বইটিতে উল্লেখ করা হয়েছে। এসব সহশিক্ষা কার্যক্রমের মাধ্যমে ছাত্র-ছাত্রীদের চিন্তাশক্তির প্রসার ও জ্ঞানের উন্মেষ ঘটবে এবং শিক্ষক-শিক্ষার্থীদের মধ্যে সেতুবন্ধন আরও সুদৃঢ় হবে বলে আমি বিশ্বাস করি।

কোমলমতি ছাত্র-ছাত্রীদের কথা মনে রেখে বইটির ভাষা সহজ-সরল করার চেষ্টা করেছি। বইটি প্রণয়নকালীন কারিকুলাম নির্দেশিত লক্ষ্য, উদ্দেশ্য ও নির্দেশাবলির প্রতি সজাগ দৃষ্টি রেখেছি। তারপরেও নানান সীমাবদ্ধতা ও সময়ের স্বল্পতার কারণে অগোচরে কিছু ভুল-ত্রুটি থেকে যেতে পারে। যেকোনো ধরনের ত্রুটি প্রিয় শিক্ষার্থী ও সম্মানিত শিক্ষক-শিক্ষিকাগণের গোচরিভূত হলে তা অবগত করার জন্য বিশেষ অনুরোধ রইল। পরবর্তী সংস্করণে বইটির পরিমার্জন বা সংশোধন করার প্রতিশ্রুতি রইল।

শিক্ষা একটি গতিশীল উন্নয়নধর্মী ধারা। বিশ্বে প্রতিনিয়ত পরিবর্তন হচ্ছে শিক্ষার বিষয়বস্তু, পাঠদানের পদ্ধতি ও কৌশলের। শিক্ষার মানোন্নয়নে যুগোপযোগী সিলেবাস প্রণয়ন করা যেমন প্রয়োজন, তেমনি লেখকদেরও দায়িত্বশীলতার সাথে আন্তর্জাতিক মান বজায় রেখেই বই লেখা প্রয়োজন। সর্বোপরি সবকিছুর কেন্দ্রবিন্দুর মূল কারিগর হলেন সম্মানিত শিক্ষকসমাজ। তাঁদের প্রতি বিনম্র অনুরোধ– আধুনিক যুগোপযোগী শিক্ষার সাথে সংগতি রেখে এবং পাঠ্যপুস্তকের বিষয়বস্তুর সাথে সম্পৃক্ত হয়ে ছাত্র-ছাত্রীদের মাঝে শিক্ষার আলো ছড়িয়ে দিবেন।

রসায়ন দ্বিতীয় পত্র বিষয়ে শিক্ষার্থীদের চাহিদা এবং মনোজগতীয় অবস্থাকে বিশেষ বিবেচনায় রেখে পুরো বইটি রঙিন কলেবরে প্রকাশ করা হয়েছে। আশা করি সম্পূর্ণ ভিন্ন ধারার বর্ণিল উপস্থাপনা শিক্ষার্থীদের পাঠে মনোযোগ বৃদ্ধি করবে এবং অনুশীলনকে আনন্দময় করে তুলবে।

বিষয়বস্তুর পরিমার্জন, সংশোধন ও তথ্য সংযোজনে ইন্টারনেট, বিভিন্ন দেশি-বিদেশি গ্রন্থ, জার্নাল, পত্রিকা ইত্যাদির সহযোগিতা নেওয়া হয়েছে। এসবের জন্য সকল প্রকাশক ও লেখকগণের নিকট আমি আন্তরিকভাবে কৃতজ্ঞ।

শ্রদ্ধেয় শিক্ষক ও স্নেহভাজন শিক্ষার্থী যাদের জন্য বইটি রচিত হলো তাদের কাছে বইটি গ্রহণযোগ্য হলেই আমার শ্রম সার্থক হবে। পরিশেষে, এ সুবিশাল দায়িত্বটি যথাসময়ে নিষ্পন্ন হওয়ায় পরম করুণাময় সৃষ্টিকর্তার নিকট অশেষ কৃতজ্ঞতা জ্ঞাপন করছি এবং পুনরায় সংশ্লিষ্ট সকলের সহযোগিতা কামনা করছি।

শুভেচ্ছা ও ধন্যবাদান্তে,

সঞ্জিত কুমার গুহ

অক্টোবর, ২০১৬ ইং

প্রকাশনা শিল্পে একমাত্র আমরাই অর্জন করেছি একাধারে তিনটি

আন্তর্জাতিক মর্যাদাপূর্ণ সম্মাননা

২০১৬



বেলজিয়ামের ব্রাসেলসে ESQR (European Society for Quality Research) আয়োজিত এক আড়ম্বরপূর্ণ পদক বিতরণী অনুষ্ঠানে 'European Award for Best Practices 2016' গ্রহণ করছেন অমিকন গ্রুপ ও লেকচার পাবলিকেশন্স লি.-এর ভাইস চেয়ারম্যান ও সিইও প্রকৌশলী মো. মেহেদী হাসান

২০১৫



European Business Assembly আয়োজিত South East England-এর ঐতিহ্যবাহী অক্সফোর্ড হলে এক সম্মাননা প্রদান অনুষ্ঠানে 'Best Enterprise Award 2015' গ্রহণ করছেন অমিকন গ্রুপ ও লেকচার পাবলিকেশন্স লি.-এর ভাইস চেয়ারম্যান ও সিইও প্রকৌশলী মো. মেহেদী হাসান

২০১৪



সুইজারল্যান্ডের জেনেভার Intercontinental Convention Center-এ আনুষ্ঠানিকভাবে 'Century Quality ERA Award 2014' গ্রহণ করছেন অমিকন গ্রুপ ও লেকচার পাবলিকেশন্স লি.-এর ভাইস চেয়ারম্যান ও সিইও প্রকৌশলী মো. মেহেদী হাসান

সুদীর্ঘ দুই যুগেরও অধিক সময় ধরে সর্বোত্তম মানের পাঠ্যবই ও অনুশীলনমূলক বই প্রকাশের মাধ্যমে লেকচার পাবলিকেশন্স লি. শিক্ষাক্ষেত্রে ব্যাপক অবদান রেখে আসছে। আর এ অবদানের স্বীকৃতিস্বরূপ ২০১৬ সালে প্রতিষ্ঠানটি অর্জন করেছে আন্তর্জাতিক মর্যাদাপূর্ণ সম্মাননা 'European Award for Best Practices 2016, Belgium.' পাশাপাশি প্রযুক্তিগত উন্নয়ন, সুষম বণ্টন, গুণগত মান ও পরিচালন দক্ষতা-এ চারটি বিশেষ ক্ষেত্রে টেকসই অগ্রগতির জন্য ২০১৫ সালে অর্জন করেছে 'Best Enterprise Award 2015, The Socrates Committee, Oxford, UK.' এছাড়াও ২০১৪ সালে অর্জন করেছে 'Century International Gold Quality Era Award 2014, Geneva.' যা উৎপাদিত পণ্যের ভোক্তা সন্তুষ্টি, উত্তম নেতৃত্ব, কৌশলগত পরিকল্পনা এবং আদর্শিক মানদণ্ড- এ চারটি দিক গভীরভাবে পর্যবেক্ষণ করে BID (Business Initiative Directions) সুইজারল্যান্ডের জেনেভার Intercontinental Convention Center-এ আয়োজিত এক অনুষ্ঠানে বিশেষ মর্যাদাপূর্ণ এ সম্মাননাটি প্রদান করেন।

আপসহীন মানদণ্ডের স্বীকৃতিস্বরূপ

আন্তর্জাতিক সনদ ISO 9001: 2008 অর্জন

বাংলাদেশের প্রকাশনা জগতে একমাত্র লেকচার পাবলিকেশন্স লি.-ই পুস্তক প্রকাশনার ক্ষেত্রে ৮টি কঠোর নীতি (1. Continual Improvement, 2. Customer focus, 3. Leadership, 4. Factual approach to decision making, 5. Process approach, 6. System approach to management, 7. Mutually beneficial relationship with customer & 8. Involvement of right persons.) অনুসরণ করে। কারণ এ প্রতিষ্ঠানের কাছে প্রকাশনা শুধু ব্যবসায় নয়, রয়েছে সামাজিক দায়বদ্ধতা ও শিক্ষার্থীদের কল্যাণের প্রতি সজাগ দৃষ্টি। তাই শুধু একটি মানসম্মত বই যথাসময়ে শিক্ষার্থীদের হাতে তুলে দিয়েই এ প্রতিষ্ঠানের কাজ শেষ হয়ে যায় না; পাশাপাশি সারাবছর বইটির মানোন্নয়নে নিরলস পরিশ্রম করে যায়। আর এ সাধনার ফসল হিসেবে আপসহীন মানদণ্ডের স্বীকৃতিস্বরূপ লেকচার পাবলিকেশন্স লি. ISO-এর মতো বিশ্বখ্যাত আন্তর্জাতিক মান নির্ধারক সংস্থার সনদ অর্জন করে হতে পেরেছে ISO 9001 : 2008 Certified Company.



ISO 9001 : 2008 সনদ

সূচিপত্র

রসায়ন দ্বিতীয় পত্র

	বিষয়	পৃষ্ঠা
অধ্যায় ১	পরিবেশ রসায়ন [পিরিয়ড ২৫] (Environmental Chemistry)	১-১১৮
	ভূমিকা ও শিখনফল	১
১.১	বায়ুমণ্ডলের উপাদান	২
১.২	ঘূর্ণিঝড় ও জলোচ্ছ্বাস সৃষ্টিতে বায়ুর তাপ, চাপ ঘনত্ব ও জলীয়বাষ্পের অবস্থার পরিবর্তনের প্রভাব	৪
১.৩.১	বয়েলের সূত্র	৭
১.৩.২	চার্লসের সূত্র	১১
১.৩.৩	অ্যাভোগাড্রো সূত্র	১৭
১.৩.৪	গে-লুসাকের সূত্র	২২
১.৩.৫	আদর্শ গ্যাস ও বাস্তব গ্যাস	২৪
১.৩.৫.১	আদর্শ গ্যাস	২৪
১.৩.৫.২	আদর্শ গ্যাসের সমীকরণ	২৪
১.৩.৫.৩	R-এর ভৌত তাৎপর্য	২৮
১.৩.৫.৪	বিভিন্ন এককে মোলার গ্যাস ধ্রুবক R-এর মান	২৮
১.৩.৫.৫	বাস্তব গ্যাস	৩০
১.৩.৫.৬	বাস্তব গ্যাসের আদর্শ আচরণ থেকে বিচ্যুতি	৩০
১.৩.৫.৭	সংকোচনশীলতা গুণক	৩১
১.৩.৬.১	ভ্যানডার ওয়ালস কর্তৃক আদর্শ-গ্যাসের ধর্ম থেকে বাস্তব গ্যাসের বিচ্যুতির ব্যাখ্যা	৩৩
১.৩.৬.২	বাস্তব গ্যাসসমূহের আদর্শ আচরণের শর্ত	৩৩
১.৩.৭	ডাল্টনের আংশিক চাপ সূত্র	৩৮
১.৩.৮	গ্রাহামের ব্যাপন সূত্র	৪৪
১.৩.৮.১	ব্যাপন	৪৪
১.৩.৮.২	নিঃসরণ বা অনুব্যাপন	৪৪
১.৩.৮.৩	ব্যাপনের হার	৪৪
১.৩.৮.৪	ব্যাপনের সূত্র	৪৫
১.৪	শিক্ষার্থীর কাজ : বয়েল এবং চার্লস সূত্র সম্পর্কিত পরীক্ষা	৪৮
১.৫	গ্যাসের গতিতত্ত্বের স্বীকার্য	৪৯
১.৬	গতিতত্ত্বের সমীকরণ থেকে গতিশক্তির হিসাব	৫৩
১.৭	গ্যাস সিলিন্ডারজাতকরণে গ্যাস সূত্রের প্রয়োগ	৫৬
১.৮.১	বজ্রপাতের সময় বায়ুমণ্ডলে সংঘটিত বিক্রিয়া	৫৯
১.৮.২	মাটিতে নাইট্রোজেন ফিক্সেশন	৫৯
১.৯	শিল্পের গ্যাসীয় বর্জ্য ও বায়ু দূষণ	৬০
১.১০.১	গ্রিন হাউজ গ্যাসের উৎস	৬৪
১.১০.২	গ্রিন হাউজ প্রভাব	৬৬
১.১১	CFC গ্যাসের ব্যবহার ও ওজোন স্তর ক্ষয়	৭০
১.১২	এসিড বৃষ্টির কারণ ও প্রতিকার	৭১
১.১৩	শিক্ষার্থীর কাজ : কোনো এলাকায় এসিড বৃষ্টির সম্ভাবনা বিশ্লেষণ	৭৪
১.১৪	আরহেনিয়াসের তত্ত্ব	৭৪
১.১৫.১	ব্রনস্টেড লাউরীর তত্ত্ব	৭৬
১.১৫.২	অনবন্ধী এসিড-ক্ষারক	৭৯
১.১৬	এসিড ও ক্ষার সম্পর্কিত লুইস তত্ত্ব	৮২
১.১৭.১	মিঠা পানির উৎস	৮৫
১.১৭.২	মিঠা পানির গুরুত্ব	৮৬
১.১৮	সারফেস ওয়াটারের বিশুদ্ধতার মানদণ্ড খরতা (pH, DO, BOD, COD, TDS)	৮৬
১.১৮.১	পানির খরতা	৮৬
১.১৮.২	সারফেস ওয়াটারের বিশুদ্ধতার মানদণ্ড	৮৭
১.১৮.৩	পানির pH	৮৮
১.১৮.৪	পানির দ্রবীভূত অক্সিজেন (DO)	৮৮
১.১৮.৫	প্রাণ রাসায়নিক অক্সিজেন চাহিদা (BOD)	৮৯
১.১৮.৬	রাসায়নিক অক্সিজেন চাহিদা (COD)	৯০
১.১৮.৭	পানিতে দ্রবীভূত ট্রেস উপাদান (TDS)	৯২
১.১৯	শিল্পবর্জ্য ও পানি দূষণ	৯৩
১.২০.১	পানি দূষণের কারণ	৯৬
১.২০.২	পানির দূষণের উৎসের প্রতিকার	১০১
১.২১	পানির প্রাকৃতিক দূষণ আর্সেনিক দূষণ ও প্রভাব	১০২
১.২১.১	পানির প্রাকৃতিক দূষণ	১০২
১.২১.২	পানির আর্সেনিক দূষণ	১০৩
১.২১.৩	পানি দূষণের প্রভাব	১০৪
১.২২.১	খাদ্যশৃঙ্খলে ভারী ধাতু যুক্ত হওয়ার কারণ	১০৬
১.২২.২	খাদ্যশৃঙ্খলে ভারী ধাতু (As, Cr, Pb, Cd) যুক্ত হওয়ার প্রভাব	১০৮
১.২৩.১	দ্রবণের প্রকারভেদ	১১০
১.২৩.২	দ্রবণের কয়েকটি বিশেষ ধর্ম ও গুণাবলি	১১১
১.২৩.৩	দূষক পদার্থসমূহ বায়ুতে দ্রবীভূত থাকার কৌশল	১১২
১.২৩.৪	দূষক পদার্থসমূহ পানিতে দ্রবীভূত থাকার কৌশল	১১৩
	সারসংক্ষেপ	১১৫
	অনুশীলনী	১১৬
অধ্যায় ২	জৈব রসায়ন [পিরিয়ড ৪০] (Organic Chemistry)	১১৯-২৯০
	ভূমিকা ও শিখনফল	১১৯
২.১	জৈব যৌগের শ্রেণিবিভাগ	১২০
২.২	সমগোত্রীয় শ্রেণি	১২৩
২.৩	কার্যকরী মূলক	১২৪
২.৪	শিক্ষার্থীর কাজ : কার্যকরী মূলকের ভিত্তিতে জৈব যৌগের শ্রেণি চিহ্নিতকরণ	১২৬
২.৫	জৈব যৌগের নামকরণ	১২৭
২.৫.১	জৈব যৌগের অণুতে দুটি ভিন্ন কার্যকরী মূলক যুক্ত থাকলে যৌগের নামকরণ	১২৭
২.৬	জৈব যৌগের সমাণুতা ও এর প্রকারভেদ	১৫৬
২.৭	শিক্ষার্থীর কাজ : জৈব যৌগের রাসায়নিক সংকেত থেকে এর গাঠনিক সমাণুর সংজ্ঞা ও সংকেত নির্ণয়	১৬৮
২.৮	অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন	১৭১

	বিষয়	পৃষ্ঠা
২.৯	অ্যালিফেটিক ও অ্যারোমেটিক যৌগের পার্থক্য	১০৫
২.১০.১	জৈব বিক্রিয়ার ক্রিয়া কৌশলের মৌলিক ধারণা	১৭৭
২.১০.২	সমযোজী বন্ধনের বিভাজন	১৮৪
২.১০.৩	জৈব বিকারক	১৮৭
২.১০.৪	জৈব বিক্রিয়ার শ্রেণিবিভাগ	১৮৮
২.১১.১	অ্যালিফেটিক যৌগের সংযোজন বিক্রিয়া	১৮৯
২.১১.২	অ্যালিফেটিক যৌগের প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া	১৯৩
২.১১.৩	অ্যালিফেটিক যৌগের অপসারণ বিক্রিয়া	১৯৫
২.১১.৪	অ্যারোমেটিক যৌগের সংযোজন বিক্রিয়া	১৯৭
২.১১.৫	অ্যারোমেটিক যৌগে ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন	১৯৮
২.১১.৬	বেনজিনের বহু প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া	২০২
২.১১.৭	বেনজিন বলয়ে প্রতিস্থাপকসমূহের ওরিয়েন্টেশন	২০৫
২.১২.১	অ্যালকেন	২০৯
২.১২.২	অ্যালকিন	২১২
২.১২.৩	অ্যালকাইন	২১৫
২.১২.৪	অ্যালকাইল হ্যালাইড	২১৭
২.১২.৫	অ্যারাইল হ্যালাইড	২২১
২.১২.৬	অ্যালকোহল	২২৫
২.১২.৭	ইথার	২৩৪
২.১২.৮	অ্যালডিহাইড	২৩৫
২.১২.৯	কিটোন	২৪০
২.১২.১০	কার্বক্সিলিক এসিড	২৪৪
২.১২.১১	এস্টার	২৪৮
২.১২.১২	অ্যামিন	২৫০
২.১২.১৩	অ্যামাইড	২৫৩
২.১৩	ব্যবহারিক : কার্যকরী মূলকের (-OH, -X, -CHO, >CO, -COOH) শনাক্তকরণ পরীক্ষা	২৫৫
২.১৪	কার্যকরী মূলক (-OH, $>C=O$) শনাক্তকরণে IR Spectroscopic শোষণ/নিঃসরণ ব্যান্ড	২৫৮
২.১৫.১	গ্লিসারিন প্রস্তুতি ও শনাক্তকারী বিক্রিয়া	২৬১
২.১৫.২	ফেনল প্রস্তুতি ও শনাক্তকারী বিক্রিয়া	২৬৩
২.১৬.১	নাইট্রোগ্লিসারিন প্রস্তুতি ও ব্যবহার	২৬৫
২.১৬.২	2, 4, 6- ট্রাইনাইট্রো টলুইন বা T.N.T	২৬৬
২.১৬.৩	ডেটল প্রস্তুতি ও ব্যবহার	২৬৭
২.১৬.৪	প্যারাসিটামল প্রস্তুতি ও ব্যবহার	২৬৭
২.১৭.১	জৈব যৌগের বিশুদ্ধতা ও শনাক্তকরণে গলনাঙ্কের ভূমিকা	২৬৮
২.১৭.২	জৈব যৌগের বিশুদ্ধতা ও শনাক্তকরণে স্ফুটনাঙ্কের ভূমিকা	২৬৯
২.১৮	ব্যবহারিক : শিক্ষার্থীর কাজ : জৈব যৌগের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক নির্ণয়	২৬৯
২.১৯	পলিমার ও প্লাস্টিসিটি	২৭০
২.২০	সংযোজন ও ঘনীভবন পলিমারকরণ বিক্রিয়া	২৭৬
২.২০.১	সংযোজন পলিমারকরণ বিক্রিয়া	২৭৬
২.২০.২	ঘনীভবন পলিমারকরণ বিক্রিয়া	২৭৮
২.২১.১	পলিমার অণুতে গ্লাইকোসাইড বন্ধন	২৮০
২.২১.২	পলিমার অণুতে পেপটাইড বন্ধন	২৮২
২.২২	শিক্ষার্থীর কাজ : ভোগ্যপণ্য, গৃহসামগ্রী, ঔষধ ইত্যাদি ক্ষেত্রে জৈব যৌগের গুরুত্ব	২৮২
২.২৩	পরিবেশ ও সামাজিক ক্ষেত্রে জৈব যৌগের ভূমিকা	২৮৩
২.২৩.১	শিক্ষার্থীর কাজ : পলিথিন ব্যবহারের সুবিধা ও অসুবিধা	২৮৪
২.২৩.২	শিক্ষার্থীর কাজ : ফরমালিন ব্যবহারের সুবিধা ও অসুবিধা	২৮৫
	সারসংক্ষেপ	২৮৬
	অনুশীলনী	২৮৭

	বিষয়	পৃষ্ঠা
অধ্যায় ৩	**পরিমাণগত রসায়ন [পিরিয়ড ৪০] (Quantitative Chemistry)**	**২৯১-৩৫৮**
	ভূমিকা ও শিখনফল	২৯১
৩.১	রাসায়নিক গণনা ও গ্যাসের মোলার আয়তন	২৯২
৩.২	রাসায়নিক সমীকরণ থেকে উৎপাদ গ্যাসের আয়তন নির্ণয়	২৯৩
৩.৩	বিক্রিয়কের পরিমাণ থেকে গ্যাসীয় উৎপাদের ভর ও আয়তন নির্ণয়	২৯৫
৩.৪	ব্যবহারিক : শিক্ষার্থীর কাজ : বিক্রিয়ায় উৎপাদ গ্যাসের আয়তন নির্ণয়	২৯৮
৩.৫	ব্যবহারিক : মোলার ঘনমাত্রার দ্রবণ প্রস্তুতি	২৯৮
৩.৬.১	মোলারিটিকে শতকরা এককে রূপান্তর	৩০০
৩.৬.২	মোলারিটিকে পিপিএম (ppm) এককে রূপান্তর	৩০২
৩.৭	ব্যবহারিক : দ্রবণের ঘনমাত্রা লঘুকরণ	৩০৬
৩.৮.১	এসিড-ক্ষার প্রশমন বিক্রিয়া	৩০৬
৩.৮.২	টাইট্রেশন	৩১১
৩.৮.৩	এসিড-ক্ষার প্রশমন বিন্দু	৩১২
৩.৯	জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া	৩১৫
৩.৯.১	জারণ বিক্রিয়া	৩১৫
৩.৯.২	বিজারণ বিক্রিয়া	৩১৬
৩.৯.৩	জারক পদার্থ ও বিজারক পদার্থ	৩১৮
৩.৯.৪	জারণ ক্ষমতা	৩২০
৩.৯.৫	জারণ সংখ্যা	৩২২
৩.৯.৬	জারণ সংখ্যার সাহায্যে রাসায়নিক সমীকরণের সমতাবিধান	৩২৭
৩.১০	জারণ-বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া	৩২৮
৩.১০.১	জারণ-বিজারণ পূর্ণ সমীকরণ ও অর্ধ-বিক্রিয়া	৩৩১
৩.১১	নির্দেশক	৩৩৬
৩.১২	শিক্ষার্থীর কাজ : রঞ্জিন উদ্ভিদ ব্যবহার করে এসিড-ক্ষার বিক্রিয়ার প্রশমন বিন্দু নির্ণয়	৩৩৭
৩.১৩	শিক্ষার্থীর কাজ : টাইট্রেশনের মাধ্যমে অজানা এসিড দ্রবণে এসিডের পরিমাণ নির্ণয়	৩৩৮
৩.১৪.১	ব্যবহারিক : জারণ-বিজারণ টাইট্রেশনের মাধ্যমে দ্রবণে বিদ্যমান ধাতব আয়নের পরিমাণ নির্ণয়	৩৪০
৩.১৫	শিক্ষার্থীর কাজ : 0.01 M $KMnO_4$ দ্রবণ ব্যবহার করে অজানা ঘনমাত্রার দ্রবণে $FeSO_4$ এর পরিমাণ নির্ণয়	৩৪৬
৩.১৬	দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয়ে বিয়ার ল্যাম্বার্ট সূত্রের ব্যবহার	৩৪৮
৩.১৭.১	Atomic Absorption-এর পরিমাণগত বিশ্লেষণের মূলনীতি	৩৫১
৩.১৭.২	UV-visible spectroscopy এর পরিমাণগত বিশ্লেষণের মূলনীতি	৩৫২
৩.১৭.৩	HPLC (High Performance Liquid Chromatography) এর পরিমাণগত বিশ্লেষণের মূলনীতি	৩৫৩
৩.১৭.৪	GC এর পরিমাণগত বিশ্লেষণের মূলনীতি	৩৫৪
	সারসংক্ষেপ	৩৫৫
	অনুশীলনী	৩৫৬

	বিষয়	পৃষ্ঠা
অধ্যায় ৪	**তড়িৎ রসায়ন [পিরিয়ড ২৮]**	
	(Electro Chemistry)	**৩৫৯ - ৪৩২**
	ভূমিকা ও শিখনফল	৩৫৯
৪.১	তড়িৎ পরিবাহী ও এর প্রকারভেদ	৩৬০
৪.২	ধাতব পরিবাহী ও তড়িৎবিশ্লেষ্যের মধ্যে পার্থক্য	৩৬২
৪.৩	তড়িৎবিশ্লেষ্যের পরিবাহিতা	৩৬৫
৪.৩.১	তড়িৎ বিশ্লেষণে প্রভাব সৃষ্টিকারী নিয়ামকসমূহ	৩৬৬
৪.৩.২	ফ্যারাডে (F) অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা (N) এবং ইলেকট্রনের আধানের মধ্যে সম্পর্ক	৩৬৭
৪.৪	ব্যবহারিক : বিভিন্ন দ্রবণের পরিবাহিতার পার্থক্য পরীক্ষা	৩৬৮
৪.৫	ফ্যারাডের প্রথম সূত্র প্রয়োগ করে তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থের পরিমাণ নির্ণয়	৩৭০
৪.৬	তড়িৎ প্রবাহ ও তড়িৎ পরিমাপের ক্ষেত্রে কতগুলো গুরুত্বপূর্ণ ব্যবহারিক পদ	৩৭৬
৪.৭	ধাতুর সক্রিয়তার সিরিজ	৩৭৮
৪.৮	ব্যবহারিক : ধাতুর তুলনামূলক সক্রিয়তা পরীক্ষা	৩৮০
৪.৯	জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া ও বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া	৩৮৪
৪.১০	তড়িৎদ্বার বিভব ও ধাতুর সক্রিয়তার সিরিজ	৩৮৬
৪.১১	Red-Ox বিক্রিয়া, কোষ বিভব ও প্রমাণ কোষ বিভব	৩৮৮
৪.১১.১	Red-Ox বিক্রিয়া	৩৮৮
৪.১১.২	প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভব	৩৮৯
৪.১১.৩	তড়িৎদ্বার ও তড়িৎদ্বার বিভব	৩৯১
৪.১১.৪	কোষ বিভব	৩৯৩
৪.১১.৫	প্রমাণ কোষ বিভব	৩৯৪
৪.১২	তড়িৎদ্বার এবং কোষের বিভব সংক্রান্ত নার্নস্ট সমীকরণ	৩৯৪
৪.১২.১	তড়িদ্দ্বার বিভব সংক্রান্ত নার্নস্ট তত্ত্ব	৩৯৪
৪.১২.২	কোষের বিভব সংক্রান্ত নার্নস্ট সমীকরণ	৩৯৬
৪.১২.৩	লবণ সেতু	৩৯৭
৪.১২.৪	কোষের তড়িচ্চালক বলের সাথে কোষ বিক্রিয়ার ফলে গিবস মুক্ত শক্তি হ্রাসের সম্পর্ক	৪০০
৪.১৩	তড়িৎদ্বার ও এর প্রকারভেদ	৪০৩
৪.১৪	ব্যবহারিক : ধাতু-ধাতব আয়ন তড়িৎদ্বার গঠন	৪০৬
৪.১৫	শিক্ষার্থীর কাজ : কোষ গঠন করে রাসায়নিক শক্তিকে বিদ্যুৎশক্তিতে রূপান্তর	৪০৬
৪.১৬	এক ও দুই প্রকোষ্ঠবিশিষ্ট তড়িৎ রাসায়নিক কোষ ইলেকট্রোলাইটিক ও গ্যালভানিক	৪০৭
৪.১৬.১	এক প্রকোষ্ঠবিশিষ্ট ইলেকট্রোলাইটিক তড়িৎ রাসায়নিক কোষ	৪০৭
৪.১৬.২	দুই প্রকোষ্ঠবিশিষ্ট তড়িৎ রাসায়নিক কোষ বা গ্যালভানিক কোষ	৪১০
৪.১৬.৩	তড়িৎবিশ্লেষ্য কোষ ও তড়িৎ রাসায়নিক কোষের মধ্যে পার্থক্য	৪১১
৪.১৭	রিচার্জেবল (লেড স্টোরেজ ও লিথিয়াম) ব্যাটারির গঠন, কার্যপ্রণালি এবং রিচার্জ প্রক্রিয়া	৪১২
৪.১৭.১	রিচার্জেবল (লেড স্টোরেজ) ব্যাটারির গঠন কার্যপ্রণালি এবং রিচার্জ প্রক্রিয়া	৪১২
৪.১৭.২	রিচার্জেবল (লিথিয়াম) ব্যাটারির গঠন কার্যপ্রণালি এবং রিচার্জ প্রক্রিয়া	৪১৩
৪.১৮	লেড স্টোরেজ ও লিথিয়াম ব্যাটারি ব্যবহারের সুবিধা ও অসুবিধা	৪১৪
৪.১৯	ফুয়েল সেল ও এর প্রকাভেদ	৪১৫
৪.১৯.১	ফুয়েল সেল	৪১৫
৪.১৯.২	ফুয়েল সেলের প্রকারভেদ	৪১৭
৪.২০	ফুয়েল সেলের অ্যানোড ক্যাথোড ও ফুয়েলের ব্যাখ্যা	৪২০
৪.২০.১	ফুয়েল সেলে অ্যানেড, ক্যাথোড ও ফুয়েলের ব্যাখ্যা	৪২০
৪.২০.২	ফুয়েল সেলে কর্মদক্ষতা	৪২২
৪.২১	হাইড্রোজেন ফুয়েল সেলের গঠন ও সংঘটিত বিক্রিয়া	৪২২
৪.২২	হাইড্রোজেন ফুয়েল সেলের সুবিধা	৪২৩
৪.২৩	pH মিটারের সাহায্যে কোনো দ্রবণের pH নির্ণয়ের কৌশল	৪২৪
	সারসংক্ষেপ	৪২৮
	অনুশীলনী	৪২৯
অধ্যায় ৫	**অর্থনৈতিক রসায়ন [পিরিয়ড ২৫]**	
	(Economical Chemistry)	**৪৩৩-৪৭৬**
	ভূমিকা ও শিখনফল	৪৩৩
৫.১	বাংলাদেশের প্রাকৃতিক গ্যাস ক্ষেত্র গ্যাসের উপাদান ও ব্যবহার	৪৩৪
৫.২	বাংলাদেশের কয়লা ক্ষেত্র, কয়লার মান ও ব্যবহার	৪৩৭
৫.২.১	বাংলাদেশের কয়লা ক্ষেত্র	৪৩৭
৫.২.২	কয়লার মান ও ব্যবহার	৪৩৯
৫.৩	জ্বালানি সম্পদের প্রেক্ষিতে বাংলাদেশে শিল্পায়নের সম্ভাবনা	৪৩৯
৫.৪	বাংলাদেশের উল্লেখযোগ্য রসায়ন শিল্প পরিচিতি	৪৪৪
৫.৫	ইউরিয়া, কাচ, সিরামিক, পাল্প- পেপার ও সিমেন্ট উৎপাদনের মূলনীতি	৪৪৭
৫.৫.১	ইউরিয়া উৎপাদনের মূলনীতি	৪৪৭
৫.৫.২	কাচ উৎপাদনের মূলনীতি	৪৪৮
৫.৫.৩	সিরামিক উৎপাদনের মূলনীতি	৪৪৯
৫.৫.৪	পাল্প-পেপার উৎপাদনের মূলনীতি	৪৫০
৫.৫.৫	সিমেন্ট উৎপাদনের মূলনীতি	৪৫২
৫.৬	চামড়া টেনিং এর মূলনীতি	৪৫৩
৫.৭	সিমেন্ট, ইউরিয়া, চামড়া, টেক্সটাইল ও ডায়িং শিল্পের দূষকসমূহের বর্ণনা	৪৫৪
৫.৮	বায়ু দূষণ নিয়ন্ত্রণ কৌশলের প্রভাবকীয় রূপান্তর দ্রবীভূতকরণ, সূক্ষ্ম ছাঁকনি মূলনীতি	৪৫৬
৫.৯	ইটিপি'র কার্যপ্রণালির মূলনীতি	৪৫৭
৫.১০	আয়রন, অ্যালুমিনিয়াম, কপার, কাচ পেপার ও প্লাস্টিক রিসাইকেল প্রণালি	৪৫৯
৫.১১	সামাজিক ও পরিবেশ ক্ষেত্রে আয়রন অ্যালুমিনিয়াম, কপার, কাচ, পেপার ও প্লাস্টিক রিসাইকেলের গুরুত্ব	৪৬৩
৫.১২	শিক্ষার্থীর কাজ : ইট খোলার বায়ু দূষণ পর্যবেক্ষণ করে প্রতিবেদন প্রণয়ন	৪৬৫
৫.১৩	কয়লাভিত্তিক বিদ্যুৎকেন্দ্রের সুবিধা-অসুবিধাসমূহ	৪৬৬
৫.১৪	ন্যানো পার্টিক্যাল ও ন্যানো প্রযুক্তির ধারণা	৪৬৭
৫.১৫	পরমাণু, অণু ও ন্যানো পার্টিক্যালের তুলনা	৪৬৯
৫.১৬	পদার্থের স্বাভাবিক অবস্থা ও ন্যানো কণার ভৌত ধর্মের তুলনা	৪৭১
৫.১৭	শিল্পে ন্যানো পার্টিক্যাল ব্যবহারের সম্ভাবনা	৪৭২
	সারসংক্ষেপ	৪৭৫
	অনুশীলনী	৪৭৫

প্রশ্নকাঠামো ও নম্বর বিভাজন

রসায়ন দ্বিতীয় পত্র

পূর্ণমান : ১০০

রসায়ন দ্বিতীয় পত্রের তত্ত্বীয় অংশে ৭৫ নম্বর এবং ব্যবহারিক অংশে ২৫ নম্বর বরাদ্দ আছে।

তত্ত্বীয় অংশ :

- তত্ত্বীয় অংশে সৃজনশীল প্রশ্নের জন্য ৫০ নম্বর এবং বহুনির্বাচনি প্রশ্নের জন্য ২৫ নম্বর বরাদ্দ আছে।
- ৮টি সৃজনশীল প্রশ্ন থাকবে; ৫টি প্রশ্নের উত্তর দিতে হবে।
- ২৫টি বহুনির্বাচনি প্রশ্ন থাকবে; সব প্রশ্নের উত্তর দিতে হবে।
- প্রতিটি সৃজনশীল প্রশ্নের নম্বর ১০ এবং বহুনির্বাচনি প্রশ্নের নম্বর ১।

ব্যবহারিক অংশ :

- ✓ এসিড-ক্ষার টাইট্রেশন অথবা জারণ-বিজারণ টাইট্রেশনভিত্তিক সমস্যা সমাধান : ০৬ নম্বর
- ✓ এ ছাড়া অন্যান্য ব্যবহারিক কাজ হতে যে কোনো ৪টি সমস্যা থাকবে। ১টি সমস্যার সমাধান করতে হবে : ০৬ নম্বর
- ✓ ব্যাখ্যাসহ ফলাফল উপস্থাপন : ২.৫ × ২ = ০৫ নম্বর
- ✓ মৌখিক অভীক্ষা : ৫ নম্বর
- ✓ নোটবুক : ৩ নম্বর

বি. দ্র : প্রতিটি পরীক্ষা দৈবচয়নের মাধ্যমে নির্বাচন করতে হবে।

উৎসর্গ

মহান স্বাধীনতা যুদ্ধে আত্মদানকারী
আমার পিতৃদেব শহীদ যদুনাথ গুহ
ও তাঁরই সাথে শহীদ সকল
মুক্তিযোদ্ধার পূণ্য স্মৃতির উদ্দেশ্যে

অধ্যায় ০১

পরিবেশ রসায়ন

Environmental Chemistry

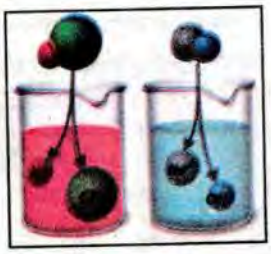


রবার্ট বয়েল অ্যামেদিও অ্যাভোগাড্রো

ভূমিকা (Introduction)

প্রকৃতির সমস্ত উপাদানের সমন্বয়ে সৃষ্টি হয়েছে পরিবেশ। বায়ু, আলো, বাতাস, পাহাড়, নদী, মাটি, বন-জঙ্গল ইত্যাদি সবকিছু নিয়ে পৃথিবীর এ পরিবেশ। মানুষ সামাজিক জীব হলেও শুধু মানুষকে নিয়েই যে সমাজ গড়ে উঠেছে তা কিন্তু নয়। মানুষের সমগ্র পারিপার্শ্বিক অবস্থাকে নিয়ে গড়ে ওঠে তার পরিবেশ। অন্য প্রাণী অপেক্ষা মানুষের বুদ্ধিমত্তা অধিক হওয়ায় স্বভাবতই পরিবেশকে নিয়ন্ত্রণ করে মানুষ। পরিবেশ রসায়ন এক্ষেত্রে অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে আসছে। সাম্প্রতিককালে পরিবেশগত দূষণ সমস্যা, দূষণের কারণ ও প্রতিকার সম্পর্কে নানাবিধ তথ্য ও প্রযুক্তিগত জ্ঞানদানের মাধ্যমে পরিবেশ যথেষ্ট সুরক্ষিত হয়েছে। তবে সময়ের দাবি অনুযায়ী মানব সৃষ্ট ও প্রকৃতি সৃষ্ট কারণে পরিবেশগত দূষণ, দূষণের কারণ, প্রতিকার ও জনসচেতনতা সৃষ্টির ক্ষেত্রে পরিবেশ রসায়ন প্রশংসনীয় ভূমিকা রাখছে। গত কয়েক দশকে বিভিন্ন কারণে পরিবেশ দূষণের মাত্রা এতো বেশি বৃদ্ধি পেয়েছে যে– এর প্রভাব, ধরন, মাত্রা ও প্রতিকার ব্যাখ্যা করতে পরিবেশ রসায়ন খুবই গুরুত্বপূর্ণ একটি বিষয়ে পরিণত হয়েছে।



শিখনফল (Learning Outcomes)

অধ্যায়টি অনুশীলন শেষে শিক্ষার্থীরা–

- বায়ুমণ্ডলের উপাদানসমূহের বর্ণনা করতে পারবে।
- ঘূর্ণিঝড় ও জলোচ্ছ্বাস সৃষ্টিতে বায়ুর তাপ, চাপ, ঘনত্ব ও জলীয়বাষ্পের অবস্থার পরিবর্তনের প্রভাব বিশ্লেষণ করতে পারবে।
- বয়েল, চার্লস/গে-লুসাক, অ্যাভোগাড্রো, ডাল্টনের আংশিক চাপসূত্র এবং গ্রাহামের ব্যাপনসূত্র ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- বয়েল এবং চার্লস সূত্র সম্পর্কিত পরীক্ষা প্রদর্শন করতে পারবে।
- গ্যাসের গতিতত্ত্বের স্বীকার্যের ভিত্তিতে গতিশক্তি ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- আদর্শ গ্যাস ও বাস্তব গ্যাসের পার্থক্য করতে পারবে।
- বাস্তব গ্যাসসমূহের আদর্শ আচরণ করার শর্ত ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- প্রাকৃতিক গ্যাস ও অন্যান্য গ্যাস সিলিন্ডারজাত করার ক্ষেত্রে গ্যাসসূত্রের প্রয়োগ ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- বজ্রপাতের সময় বায়ুমণ্ডলে সংঘটিত বিক্রিয়া ও মাটিতে নাইট্রোজেন ফিক্সেশন ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- শিল্প নিঃসরিত বায়ু দূষকসমূহ বর্ণনা করতে পারবে।
- কোন এলাকার বায়ুমণ্ডলে গ্রিন হাউজ গ্যাসের উপস্থিতি ও গ্রিন হাউজ প্রভাব বিশ্লেষণ করতে পারবে।
- CFC ব্যবহার ও ওজোনস্তর ক্ষয় ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- এসিড বৃষ্টির কারণ শনাক্ত করতে এবং প্রতিকার ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- এসিড-ক্ষার সংক্রান্ত আরহেনিয়াসের তত্ত্ব ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- ব্রনস্টেড-লাউরীর তত্ত্ব ব্যাখ্যা ও অনুবন্ধী অম্ল-ক্ষারক শনাক্তকরণ এবং সমীকরণ এর সাহায্যে তাদের মধ্যে সম্পর্ক ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- অম্ল-ক্ষার সম্পর্কিত লুইস মতবাদ ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- মিঠা পানির উৎস উল্লেখ ও গুরুত্ব বিশ্লেষণ করতে পারবে।
- সারফেস ওয়াটারের বিশুদ্ধতার মানদণ্ড খরতা বর্ণনা করতে পারবে।
- শিল্পবর্জ্য ও পানি দূষণ ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- কোন এলাকার পানি দূষণ বিশ্লেষণ করে প্রতিকার বর্ণনা করতে পারবে।
- পানির প্রাকৃতিক দূষণ-আর্সেনিক দূষণ ও প্রভাব ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- খাদ্যশৃঙ্খলে ভারী ধাতু যুক্ত হওয়ার কারণ ও প্রভাব বিশ্লেষণ করতে পারবে।
- দূষক পদার্থসমূহের বায়ু ও পানিতে দ্রবীভূত থাকার কৌশল বর্ণনা করতে পারবে।

প্রধান শব্দ (Key Words) : ➤ পরমশূন্য তাপমাত্রা ➤ সমতাপীয় রেখা ➤ সম আয়তনীয় রেখা ➤ সমচাপীয় রেখা ➤ সন্ধি তাপমাত্রা ➤ মোল ভগ্নাংশ ➤ ব্যাপন ➤ LPG ➤ CNG ➤ দূষক ➤ CFC ➤ pH ➤ DO ➤ BOD ➤ COD ➤ শিল্পবর্জ্য।

১.১ বায়ুমণ্ডলের উপাদান (Components of Atmosphere)

ভূ-পৃষ্ঠ হতে প্রায় 500 km উচ্চতা পর্যন্ত বায়ুমণ্ডল বিস্তৃত। তবে ভূ-পৃষ্ঠ হতে প্রায় 1600 km উচ্চতা পর্যন্ত অদৃশ্য গ্যাসীয় আবরণ পৃথিবীকে ঘিরে রেখেছে। মাধ্যাকর্ষণ বলের আকর্ষণে এ গ্যাসীয় আবরণ ভূপৃষ্ঠের সাথে সংযুক্ত থাকে। এ বিশাল গ্যাসীয় পদার্থের মোট ভর প্রায় 5.5×10^{15} টন। ভূ-পৃষ্ঠেই বায়ুর ঘনত্ব সর্বাপেক্ষা বেশি। ভূ-পৃষ্ঠ হতে উপরের দিকে বায়ুর ঘনত্ব কমতে থাকে। বায়ুমণ্ডলে মোট বায়ুর শতকরা 50 ভাগ ভূপৃষ্ঠ থেকে 5.5 km উচ্চতার মধ্যে থাকে এবং শতকরা 99 ভাগ থাকে 30 km উচ্চতার মধ্যে। ভূপৃষ্ঠ হতে প্রতি কি.মি. উচ্চতা বৃদ্ধির সাথে সাথে প্রায় 6.5°C তাপমাত্রার হ্রাস ঘটে।

বায়ু একটি মিশ্র পদার্থ। বায়ুর উপাদান হিসেবে নাইট্রোজেন (N_2), অক্সিজেন (O_2), কার্বন ডাইঅক্সাইড (CO_2), বিভিন্ন নিষ্ক্রিয় গ্যাস, জলীয় বাষ্প প্রভৃতি বর্তমান। এছাড়াও স্থান বিশেষে অ্যামোনিয়া (NH_3), হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S), সালফার ডাইঅক্সাইড (SO_2), নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড (NO_2), ওজোন (O_3), নাইট্রাস এসিড (HNO_2) বাষ্প, নাইট্রিক এসিড (HNO_3) বাষ্প, হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড (H_2O_2), হাইড্রোজেন (H_2) প্রভৃতি উপাদান খুব সামান্য পরিমাণে হলেও বায়ুর উপাদান হিসেবে পাওয়া যায়। বিশেষ করে বিভিন্ন গবেষণাগার ও শিল্প অঞ্চলের বায়ুমণ্ডলে এসব উপাদানের উপস্থিতির প্রমাণ পাওয়া যায়। বায়ুমণ্ডলের বিভিন্ন গ্যাসীয় উপাদানের মধ্যে অক্সিজেনের গুরুত্ব সবচেয়ে বেশি। যেকোনো ধরনের জৈবিক ও অজৈবিক দহনের জন্য অক্সিজেন অপরিহার্য উপাদান।



চিত্র ১.১ : বায়ুমণ্ডল ও এর বিভিন্ন স্তর

ভূ-পৃষ্ঠের জনবসতিপূর্ণ অঞ্চলের যেকোনো একটি স্থানের বায়ুতে আয়তন ও ভর অনুযায়ী মোটামুটিভাবে শতকরা হারে নিম্নরূপ উপাদান পাওয়া যায়–

উপাদান	সাধারণ বায়ুতে		CO_2 ও জলীয় বাষ্পমুক্ত বায়ুতে	
	% আয়তন	% ভর	% আয়তন	% ভর
নাইট্রোজেন	77.16	74.68	78.11	75.50
অক্সিজেন	20.60	23.10	21.00	23.40
নিষ্ক্রিয় গ্যাস	0.80	0.85	0.94	0.98
কার্বন ডাইঅক্সাইড	0.04	0.055	–	–
জলীয় বাষ্প	1.40	1.45	–	–

বায়ুমণ্ডলকে চারটি প্রধান অঞ্চলে ভাগ করা হয়। যথা :

(ক) ট্রপোস্ফিয়ার (Troposphere) 0 – 12 km, (খ) স্ট্রাটোস্ফিয়ার (Stratosphere) 12 – 50 km,
(গ) মেসোস্ফিয়ার (Mesosphere) 50 – 80 km, (ঘ) থার্মোস্ফিয়ার (Thermosphere) 80 – 320 km।

ছকে উল্লিখিত বায়ুর উপাদানসমূহ ট্রপোস্ফিয়ার অঞ্চলের। এ অঞ্চল ভূ-পৃষ্ঠ হতে প্রায় 10 – 12 km উচ্চতা পর্যন্ত বিস্তৃত। আর বায়ুমণ্ডলীয় উপাদানসমূহের ভরের প্রায় 70% এরও অধিক এ অঞ্চলে বর্তমান। বিশেষ কোনো মারাত্মক বায়ু দূষণ না ঘটলে এ স্তরের বায়ুর সংযুক্তি মোটামুটিভাবে স্থির থাকে। তবে পানির বাষ্পীভবনের কারণে ট্রপোস্ফিয়ার অঞ্চলে বায়ুতে জলীয় বাষ্পের পরিমাণের ব্যাপক তারতম্য দেখা যায়। সঞ্চালনশীল বায়ুর ভর কর্তৃক অনবরত মিশ্রণের ফলে বায়ুমণ্ডলে গ্যাসসমূহের সমসত্ত্ব সংযুক্তি বর্তমান থাকে।

ভূপৃষ্ঠ থেকে 12 – 50 km এর মধ্যে স্ট্যাট্রোস্ফিয়ার অঞ্চল বা ওজোনস্তর হলেও 25 km উচ্চতায় ওজোনের পরিমাণ বেশি। ভূপৃষ্ঠ থেকে 25 km উচ্চতায় স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারে উচ্চ শক্তিসম্পন্ন অতিবেগুনি রশ্মি অক্সিজেনকে ওজোনে রূপান্তরিত করে।

$O_2 + h\upsilon \rightarrow [O] + [O]$ ..... (i)

$O_2 + [O] + X \rightarrow O_3 + X +$ তাপ ..... (ii)

X = অন্য কোনো কণা যা 2নং ধাপের উৎপন্ন শক্তির বড় একটি অংশকে শোষণ করে থাকে। উৎপন্ন ওজোন উচ্চশক্তিসম্পন্ন অতিবেগুনি রশ্মির সাথে বিক্রিয়া করে।

$O_3 + h\upsilon \rightarrow O_2 + [O] +$ তাপ ..... (iii)

এ ধাপে অক্সিজেন পরমাণু পুনরায় 2নং ধাপের পরিবর্তনকে সম্পন্ন করে এবং শৃঙ্খলাকারে বিক্রিয়াগুলো চলতে থাকে। এর ফলে শক্তিশালী অতিবেগুনি রশ্মি তাপে পরিবর্তিত হয় এবং জীবদেহের জন্য মারাত্মক ক্ষতিকর এ রশ্মিকে পৃথিবীতে প্রবেশ করতে বাধা দেয়, এককথায় আটকে রাখে।

স্তর	পৃথিবী পৃষ্ঠ থেকে উচ্চতা (km)	গড় তাপমাত্রা	প্রধান উপাদান
ট্রপোস্ফিয়ার	12 km পর্যন্ত	15 °C থেকে –55 °C (উচ্চতা বেড়ে যাওয়ায় তাপমাত্রা কমে যায়)	N_2, O_2, CO_2, জলীয় বাষ্প
স্ট্র্যাটোস্ফিয়ার	12 – 50 km পর্যন্ত	–55 °C থেকে 0 °C (উচ্চতা বেড়ে যাওয়ায় তাপমাত্রা বেড়ে যায়)	প্রধানত O_3 এবং সামান্য O_2 ও N_2
মেসোস্ফিয়ার	50 – 80 km পর্যন্ত	0 °C থেকে – 92 °C (উচ্চতা বেড়ে যাওয়ায় তাপমাত্রা কমে যায়)	সামান্য পরিমাণ O_3, N_2 ও O_2
থার্মোস্ফিয়ার বা আয়নোস্ফিয়ার	80 – 320 km পর্যন্ত	–92 °C থেকে 1200 °C (উচ্চতা বেড়ে যাওয়ার সাথে সাথে তাপমাত্রা বেড়ে যায়)	O_2^+, NO^+

পৃথিবীপৃষ্ঠ থেকে 320 km এর উপরে কয়েক হাজার কিলোমিটার পর্যন্ত বিস্তৃত অঞ্চলকে এক্সোস্ফিয়ার ও ম্যাগনেটোস্ফিয়ার স্তর বলে। এখানকার গড় তাপমাত্রা < 1200 °C এবং প্রধান উপাদান হিসেবে H_2 ও He বর্তমান। মিশ্রণের প্রকৃতি অনুযায়ী বায়ুমণ্ডলকে প্রধানত দুটি ভাগে ভাগ করা যায়। এগুলো হলো **সমমণ্ডল** (Homosphere) এবং **বিষমমণ্ডল** (Hetrosphere)।

সমমণ্ডল : বায়ুমণ্ডলের এ স্তরে উপাদানগুলো সর্বত্র মোটামুটিভাবে সমান অনুপাতে ছড়িয়ে থাকে।

বিষমমণ্ডল : বায়ুমণ্ডলের এ স্তরে উপাদানগুলোর অনুপাত সমানভাবে ছড়িয়ে থাকে না।

পৃথিবীপৃষ্ঠ থেকে বায়ুমণ্ডলের ওপরের দিকে গেলে মধ্যাকর্ষণ বল কমে যাওয়ার কারণে বায়ুর ঘনত্ব কমে যায়। বায়ুমণ্ডলের উপাদানগুলোর বেশিরভাগ থাকে সমমণ্ডলে। সমমণ্ডলে উপস্থিত গ্যাসীয় উপাদানগুলোর গড় সংযুক্তি শতকরা ভাগ হিসেবে নিম্নরূপ–

প্রধান উপাদান	$N_2 = 78$, $O_2 = 20.95$, H_2O (জলীয় বাষ্প) = 0.1 – 4 (পরিবর্তনশীল)			
অল্প উপস্থিত উপাদান	Ar = 0.93, $CO_2 = 0.03$ (পরিবর্তনশীল)			
নগণ্য উপস্থিত উপাদান	$O_3 = 6 \times 10^{-5}$,	$NO_2 = 1 \times 10^{-5}$,	$SO_2 = 2 \times 10^{-5}$,	$CO = 1 \times 10^{-6}$,
	$NH_3 = 1 \times 10^{-6}$,	$N_2O = 2 \times 10^{-5}$,	$H_2 = 5 \times 10^{-5}$,	$He = 5 \times 10^{-3}$,
	$Ne = 1.8 \times 10^{-3}$,	$Kr = 1.5 \times 10^{-4}$,	$Xe = 8 \times 10^{-6}$	

তথ্যসূত্র : Yale University, www.yale.edu USA

আমাদের এ সুন্দর বসবাসযোগ্য সবুজ পৃথিবীকে টিকিয়ে রাখতে হলে বায়ুমণ্ডলের সুরক্ষা অতি গুরুত্বপূর্ণ বিষয়। পরিবেশের ওপর বায়ুমণ্ডলের প্রভাব খুবই ব্যাপক ও দীর্ঘস্থায়ী। যেমন, সবাত শ্বসনের জন্য প্রয়োজনীয় অক্সিজেন বায়ুমণ্ডলে থাকায় বায়ুমণ্ডল হলো প্রাণের আধার। এজন্য অক্সিজেন সমৃদ্ধ বায়ুমণ্ডলের অনুপস্থিতিতে প্রাণের অস্তিত্ব কল্পনা করা যায় না। বায়ুমণ্ডলের অস্তিত্ব ভিন্ন পানিচক্র অস্তিত্বহীন। জীবজগতের জীবনচক্রের প্রতিটি ধাপেই বায়ুমণ্ডল প্রধান ভূমিকা রাখে। সরাসরি খাদ্যপ্রস্তুতকারী উদ্ভিদ তার প্রয়োজনীয় CO_2 বায়ুমণ্ডল থেকে গ্রহণ করে। এজন্য পরিবেশ সুরক্ষায় প্রধান নিয়ামক উদ্ভিদজগতের অস্তিত্ব বায়ুমণ্ডলের ওপর সম্পূর্ণভাবে নির্ভরশীল। বায়ুমণ্ডলের আপেক্ষিক তাপ কম হওয়ায় দিনে ও রাতে বায়ুমণ্ডলের তাপমাত্রার ব্যবধান থাকে যথেষ্ট কম। ভূপৃষ্ঠ থেকে বিকিরিত ও প্রতিফলিত তাপ বায়ুমণ্ডলে

উপস্থিত CO_2 দ্বারা শোষিত হয় এবং তাপমাত্রাকে নিয়ন্ত্রণ করে। বায়ুমণ্ডলে উপস্থিত O_2 গ্যাস যেমন দহনে অংশগ্রহণ করে শক্তির যোগান দেয় একইভাবে N_2 ঐ দহনের হারকে নিয়ন্ত্রণ করার কারণে জীবদেহের তাপমাত্রা নিয়ন্ত্রিত হয় এবং পৃথিবী পৃষ্ঠের বিধ্বংসী অগ্নিকাণ্ড ঘটাতে দেয় না। বায়ুমণ্ডলের ওজোন স্তর সূর্য থেকে বিকিরিত অতিবেগুনি রশ্মিকে শোষণ করে এবং জীবজগতকে অতিবেগুনি রশ্মির খারাপ প্রভাব থেকে সুরক্ষিত করে রাখে। বায়ুমণ্ডলে উপস্থিত ধূলিকণা জলীয় বাষ্পকে ঘনীভূত করতে সহায়তা করে বৃষ্টি ঘটায়। বায়ুমণ্ডলের জলীয় বাষ্প মেঘ, বৃষ্টিপাত, তুষারপাত ঘটিয়ে পরিবেশের জীববৈচিত্র্যকে অক্ষুণ্ন রাখে। বায়ুমণ্ডল না থাকলে মহাকাশ থেকে আসা উল্কার আঘাতে পৃথিবী চূর্ণবিচূর্ণ হয়ে যেত।

১.২ ঘূর্ণিঝড় ও জলোচ্ছ্বাস সৃষ্টিতে বায়ুর তাপ, চাপ, ঘনত্ব ও জলীয়বাষ্পের অবস্থার পরিবর্তনের প্রভাব

(Effect of Temperature, Pressure, Density and Humidity of air to create cyclone and tidal wave)

বায়ুমণ্ডলের অন্যতম বৈশিষ্ট্য হলো সমুদ্রপৃষ্ঠ থেকে উপরের দিকে এটি ক্রমশ হালকা হতে থাকে। শীতল বায়ু অপেক্ষা উষ্ণ বায়ু অধিক পরিমাণ জলীয়বাষ্প ধারণ করতে পারে। নিম্নচাপে বায়ু হালকা, কিন্তু উচ্চচাপে বায়ু ভারী হয়। শুষ্ক ও শীতল বায়ু সবসময় উষ্ণ ও জলীয় বাষ্পপূর্ণ বায়ু অপেক্ষা ভারী হয়। আর উচ্চচাপ থেকে বায়ু নিম্নচাপের দিকে প্রবাহিত হয়। ঘূর্ণিঝড় ও জলোচ্ছ্বাস সৃষ্টিতে বায়ুর তাপ, চাপ, ঘনত্ব ও জলীয় বাষ্পের প্রভাব বিশেষভাবে পরিলক্ষিত হয়। আবহাওয়ার বিরূপ প্রতিক্রিয়ার জন্য এ নিয়ামকগুলো বিশেষ ভূমিকা রাখে। এসব নিয়ামকের যেকোনো একটির পরিবর্তন ঘটলে অপর নিয়ামকগুলোও পরিবর্তিত হয়। ফলে বায়ুমণ্ডল তথা প্রকৃতি তার স্বাভাবিক কার্যক্রমকে ব্যাহত করে বিরূপ আবহাওয়ার সৃষ্টি করে থাকে। আবহাওয়ার এ বিরূপ প্রভাব বায়ুমণ্ডল তোলপাড় করে ঝড়ো হাওয়া বইতে থাকে। সৃষ্টি হয় শক্তিশালী ও ধ্বংসাত্মক বায়বীয় ঝড়, ঘূর্ণিঝড়, সিডর, সাইক্লোন, হারিকেন, টর্নেডো জলোচ্ছ্বাসসহ মহাপ্লাবনের ধ্বংসযজ্ঞ।

মূলত বায়ুর চাপের ভারসাম্য বজায় রাখার জন্য চারদিকের উচ্চচাপের অপেক্ষাকৃত শীতল বায়ু কোনো নিম্নচাপ কেন্দ্রের দিকে ছুটে এসে মুহূর্তের মধ্যে উষ্ণ হয়ে যায় এবং কুণ্ডলী পাকিয়ে কেন্দ্রমুখীভাবে উপরের দিকে উঠতে থাকে। কেন্দ্রমুখীভাবে সমুদ্রপৃষ্ঠ ও ভূ-পৃষ্ঠ থেকে উপরের দিকে উঠা অনিয়ন্ত্রিত ঘূর্ণায়মান বায়ুপ্রবাহই ঘূর্ণিঝড়। ঘূর্ণিঝড়ে বাতাসের গতিবেগ ঘণ্টায় 120 km থেকে 360 km পর্যন্ত হতে পারে। তবে গতিবেগ প্রতি ঘণ্টায় 250 km এর উপরে গেলে তখন সুপার সাইক্লোনের সৃষ্টি হয়। ঝড়ের উচ্চতা সর্বনিম্ন 15,500 m এবং বিস্তৃতি কমপক্ষে 200 km হয়।



চিত্র ১.২.১ : ঘূর্ণিঝড়

উল্লিখিত এতোসব বিষয়ের মূলে রয়েছে বায়ুর তাপ, চাপ, ঘনত্ব ও বায়ুতে বর্তমান জলীয় বাষ্পের প্রভাব। গ্যাস সূত্রসমূহের মধ্যে চার্লসের সূত্রের গাণিতিক ব্যাখ্যা হতে দেখা যায়, গ্যাস অণুগুলোর গতিবেগ গ্যাসের উপর আরোপিত তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল। তাপমাত্রার বৃদ্ধির ফলে গ্যাস অণুগুলোর গতিবেগ ও গতিশক্তির বৃদ্ধি ঘটে। এর ফলে গ্যাস অণুগুলো আরও বেশি বেগে বা জোরে চাপ প্রয়োগ করবে। আবার তাপমাত্রার বৃদ্ধিজনিত কারণে গ্যাসের আয়তনের বৃদ্ধি ঘটবে। চার্লসের সূত্রানুসারে, স্থির চাপে কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন এর উপর আরোপিত পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক। অর্থাৎ পরম তাপমাত্রা, T ও গ্যাসের আয়তন, V হলে $V \propto T$।

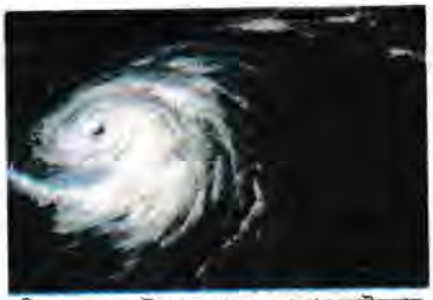


চিত্র ১.২.২ : জলোচ্ছ্বাস

গ্যাসের আয়তনের বৃদ্ধির ফলে এর ঘনত্বের হ্রাস ঘটবে। বয়েলের সূত্রানুসারে, স্থির তাপমাত্রায় কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন এর উপর আরোপিত চাপের ব্যস্তানুপাতিক। অর্থাৎ আরোপিত চাপ, P ও গ্যাসের আয়তন, V হলে $V \propto \frac{1}{P}$। এখানে চাপ কমলে গ্যাসের আয়তন

বেড়ে যায়। তাপমাত্রা ও চাপের উপর গ্যাসের আয়তন নির্ভর করে। গ্যাসের ঘনত্ব আয়তনের ব্যস্তানুপাতিক। সে কারণে গ্যাসের ঘনত্ব সব সময় চাপ ও তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে। একদিকে তাপমাত্রার বৃদ্ধি, অন্যদিকে বায়ু চাপের হ্রাস– এ দ্বৈত প্রভাব গ্যাসের আয়তনকে মারাত্মকভাবে বৃদ্ধি করে বায়ুর ঘনত্বকে কমিয়ে দেয়। বিস্তৃর্ণ এলাকার বায়ু হঠাৎ উপরের দিকে উঠে গিয়ে অনেকটা বায়ু শূন্যতার সৃষ্টি করে। এ অবস্থায় ভারসাম্য রক্ষার জন্য চারদিকের বায়ু প্রচণ্ড চাপে শূন্যস্থান পূরণের জন্য ধাবিত হয়। সৃষ্টি হয় ঘূর্ণিঝড়। তাহলে দেখা যায় বায়ুমণ্ডলের তাপমাত্রার বৃদ্ধিজনিত কারণে বায়ুমণ্ডলে বর্তমান গ্যাসীয় উপাদানসমূহের চাপ, আয়তন ও ঘনত্ব এর মারাত্মক পরিবর্তন ঘটে।

গ্যাসের গতিতত্ত্বের স্বীকার্য হতে দেখা যায়, গ্যাস অণুসমূহ সর্বদা অতিদ্রুত গতিতে সরলরৈখিক পথে অবিরামভাবে চতুর্দিকে ছুটাছুটি করে। ফলে গ্যাস অণুসমূহ পরস্পর পরস্পরের সাথে স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষে লিপ্ত হতেই থাকে। গ্যাস অণুগুলোর মধ্যে সংঘর্ষের ফলেই গ্যাসের চাপের সৃষ্টি হয়। অণুগুলোর মধ্যে সংঘর্ষের সংখ্যা যতো বেশি হবে চাপও ততো বৃদ্ধি পেতে থাকবে। প্রকৃতপক্ষে যদি কোনো পাত্রে গ্যাস রাখা হয় তবে সংঘর্ষের ফলে পাত্রের দেওয়ালের প্রতি একক ক্ষেত্রের উপর যে বল প্রযুক্ত হয় তাকেই গ্যাসের চাপ বলা হয়।


চিত্র ১.২.৩ : উপগ্রহ থেকে দৃশ্যমান সাইক্লোন

ঘূর্ণিঝড়ের উৎপত্তি হয় স্থলভাগ থেকে অনেক দূরে গভীর সমুদ্রে। ঘূর্ণিঝড়ের ক্ষেত্রে প্রধান নিয়ামকের ভূমিকা রাখে সমুদ্রের উষ্ণ পানি। সূর্যের প্রখর তাপে সমুদ্রপৃষ্ঠের পানি বাষ্পীভূত হয়ে বায়ুমণ্ডলে মিশে জলীয় বাষ্পের অণু সংখ্যার বৃদ্ধি ঘটায়। ফলে সমুদ্র পৃষ্ঠে বায়ুর ঘনত্ব হ্রাস পায় এবং নিম্নচাপের সৃষ্টি হয়। গভীর সমুদ্রের পানির উচ্চ তাপমাত্রা ও সমুদ্রের নিম্নচাপ ঘূর্ণিঝড় সৃষ্টি করে। ঘূর্ণিঝড় সৃষ্টি করতে সাগরের পানির তাপমাত্রা 27°C এর উপরে থাকতে হয়। বঙ্গোপসাগরে সারা বছর ধরেই প্রায় এ তাপমাত্রা থাকে। গভীর সমুদ্রের বা সাগরের নিম্নচাপ সৃষ্টি হলে চারিদিকে ভারী বায়ু সেদিকে প্রবল বেগে প্রবাহিত হয়। ফলে বায়ুর আন্তঃসংঘর্ষের কারণে আরো অতিরিক্ত তাপমাত্রার উদ্ভব হয়। অক্ষ বরাবর পৃথিবীর ঘূর্ণন গতির প্রভাবে উত্তপ্ত বায়ু কুণ্ডলী আকারে ওপরের দিকে উঠতে থাকে। এভাবে তাপমাত্রা ক্রমান্বয়ে বৃদ্ধি ও বায়ুমণ্ডলে চাপের হ্রাস সাইক্লোন, টাইফুন, হারিকেন ইত্যাদির সৃষ্টি করে।

স্বাভাবিকভাবেই বায়ুমণ্ডলে অপেক্ষাকৃত ভারী উপাদানসমূহ ভূপৃষ্ঠের উপরিস্তরের বায়ুতে অবস্থান করে। ভূপৃষ্ঠ থেকে যতই উপরের দিকে ওঠা যায় বায়ুর ঘনত্ব কমতে থাকে। কম ঘনত্বের বায়ুতে সৌরশক্তি অধিক হারে প্রবেশ করে এবং বায়ু প্রবাহের মাত্রার বৃদ্ধি ঘটায়। বায়ু প্রবাহের হার বৃদ্ধির সাথে সাথে ঘূর্ণিঝড় সৃষ্টির সম্ভাবনাও বেড়ে যায়।

গ্রীষ্মকালে ও বর্ষাকালে বায়ুমণ্ডলে জলীয় বাষ্পের পরিমাণের বৃদ্ধিজনিত কারণে বিরূপ আবহাওয়ার সৃষ্টি হয়ে থাকে। আমাদের দেশে গ্রীষ্মকালে কালবৈশাখী ঝড়ের এটিই অন্যতম মূল কারণ। বায়ুমণ্ডলে জলীয় বাষ্পের পরিমাণের বৃদ্ধি, চাপ ও তাপমাত্রার দ্রুত পরিবর্তন শুধু ঘূর্ণিঝড় ও জলোচ্ছ্বাস নয়; উপরন্তু মহাপ্রলয়ও ঘটতে পারে। ১৯৯১ সালের ২৯ এপ্রিল অমাবস্যা তিথিতে রাত দশটার সময় আমাদের দেশেরই হাতিয়া, সন্দ্বীপ, কক্সবাজার, টেকনাফ, চট্টগ্রাম ও নোয়াখালীর উপকূলীয় অঞ্চলে স্মরণকালের ভয়াবহ যে ঘূর্ণিঝড় ও জলোচ্ছ্বাস হয়েছিল তা আজও শুধু ওসব অঞ্চলেই নয় সমগ্র জাতিকে পীড়া দেয়। সেদিন দুপুর থেকে আবহাওয়ার বিরূপ প্রভাব দেখা যায়। প্রতি মুহূর্তে পরিবর্তন হতে থাকে তাপমাত্রা, চাপ ও বায়ুর ঘনত্বের। বিকাল হতেই সমস্ত আকাশ লাল বর্ণ ধারণ করে ও হুরহুর করে মাতাল হাওয়ায় গরম বাতাস বইতে থাকে। আকাশ তোলপাড় করে বইতে থাকে ঝড়ো হাওয়া। রাত দশটায় শুরু হয় মহাপ্রলয়ের তাণ্ডবনৃত্য। ঘূর্ণিঝড় আর জলোচ্ছ্বাস রুদ্রমূর্তিতে আঘাত হানে উপকূলে। ধ্বংসস্তূপে পরিণত করে গোটা অঞ্চল। প্রাণ হারায় দেড় লক্ষ মানুষ। গবাদিপশু আর পাখিকুলের জীবন সম্পূর্ণভাবে বিপন্ন ও বিপর্যস্ত হয়ে পড়েছিল।

১৯৮৯ সালে প্রলয়ঙ্করী টর্নেডোর আঘাত হানে মানিকগঞ্জের সাটুরিয়াতে, এ টর্নেডোর গতিপথের মধ্যে যা কিছু পড়েছিল তার সবই ধ্বংস হয়ে গিয়েছিল। ১৯৭০ সালের ১২ নভেম্বর ঘূর্ণিঝড় ও জলোচ্ছ্বাসের ফলে পাঁচ লক্ষ লোক প্রাণ হারিয়েছিল। মূলত গ্রীষ্মকালে মৌসুমি বায়ুতে তাপ, চাপ, ঘনত্ব ও জলীয় বাষ্পের প্রভাবের কারণে প্রতিবছরই ঝড়-ঝঞ্ঝা

হয়ে থাকে। আবহাওয়ার বিরূপ প্রতিক্রিয়ার জন্য মূলত এরাই মূল নিয়ামক। ২০০৪ সালের ২৬ ডিসেম্বর ভারত মহাসাগরের তলদেশে তীব্র ভূমিকম্প থেকে প্রলয়ংকরী সুনামির ফলে ইন্দোনেশিয়ার আচেহ প্রদেশসহ শ্রীলঙ্কা, থাইল্যান্ড ও ভারতের আন্দামান, মালদ্বীপ ও সোমালিয়ার দক্ষিণাঞ্চলের সমুদ্রের পানি ফুঁসে ওঠে আছড়ে পড়ে উপকূলীয় মানব বসতিতে। প্রাণ হারায় ২ লক্ষ ২৬ হাজার মানুষ।

বঙ্গোপসাগরে নিম্নচাপের সৃষ্টি হয় বায়ুমণ্ডলের তাপমাত্রা, ঘনত্ব ও জলীয় বাষ্পের পরিবর্তনজনিত কারণেই। সৃষ্ট নিম্নচাপের কারণেই ঝড়, জলোচ্ছ্বাস, অতিরিক্ত বৃষ্টিপাত ঘটে থাকে। সাগরে সৃষ্ট এর নিম্নচাপের মাত্রা অস্বাভাবিকভাবে বেড়ে গেলেই বিভিন্ন বিপদ সংকেতের মাধ্যমে উপকূলবাসীদের সচেতন করা হয়। বিভিন্ন প্রচার মাধ্যমে ঝড় ও জলোচ্ছ্বাসের পূর্বাভাস জানানো হয়ে থাকে।

১.২.১ ঘূর্ণিঝড়ের বৈশিষ্ট্য (Characteristics of Cyclone)

সাগরে পানির তাপমাত্রা 27 °C এর উপরে গেলে পানির বাষ্পীভবনের হার দ্রুত বেড়ে যায়। উষ্ণ বায়ু অধিক পরিমাণ জলীয় বাষ্প ধারণ করতে পারে। জলীয় বাষ্পপূর্ণ বায়ু শুষ্ক বায়ু অপেক্ষা যথেষ্ট হালকা হয় এবং উপরের দিকে উঠে গিয়ে সাগরের বক্ষে বায়ুশূণ্যতার সৃষ্টি করে। বায়ুর চাপ কমে যায়। উচ্চ চাপ থেকে বায়ু নিম্নচাপের দিকে দ্রুত প্রবাহিত হয়। বায়ুর এ বিরূপ প্রভাবের কারণে বায়ুমণ্ডল তোলপাড় করে ঝড়ো হাওয়া বইতে থাকে। সৃষ্টি হয় ঘূর্ণিঝড়ের।

বায়ুর চাপের ভারসাম্য বজায় রাখার জন্য চারদিকের উচ্চচাপের অপেক্ষাকৃত শীতল বায়ু নিম্নচাপ কেন্দ্রের দিকে প্রবল বেগে ছুটে এসে মুহূর্তের মধ্যে উত্তপ্ত হয়ে যায় এবং কুণ্ডলী পাকিয়ে কেন্দ্রমুখীভাবে উপরের দিকে অগ্রসর হয়। কেন্দ্রমুখীভাবে সাগরের উপরিতল থেকে উপরের দিকে উঠা অনিয়ন্ত্রিত ঘূর্ণায়মান বায়ুপ্রবাহই ঘূর্ণিঝড়। ঘূর্ণিঝড়ে বাতাসের গতিবেগ ঘণ্টায় 120 km থেকে 300 km পর্যন্ত হতে পারে। তবে ঘূর্ণিঝড়ে বাতাসের গতিবেগ প্রতি ঘণ্টায় 250 km এর উপরে গেলে তাকে সুপার সাইক্লোন নামে অভিহিত করা হয়। ঘূর্ণিঝড় উত্তর গোলার্ধে ঘড়ির কাটার বিপরীত দিকে এবং দক্ষিণ গোলার্ধে ঘড়ির কাঁটার দিকে আবর্তিত হয়।

ঘূর্ণিঝড়ের ক্ষেত্রে বেশ কিছু গুরুত্বপূর্ণ বৈশিষ্ট্য পরিলক্ষিত হয়। নিচে এগুলো উল্লেখ করা হলো–

১. **নিম্নচাপ :** ঘূর্ণিঝড় অঞ্চলের বায়ুচাপ অস্বাভাবিকভাবে কমে যায়। ঘূর্ণিঝড় কেন্দ্রের বায়ুচাপ সবথেকে কম হয়। কেন্দ্রের বায়ুচাপ যতো কম হয় ঝড়ের তীব্রতা ততো বেড়ে যায়।

২. **বায়ুর অভিমুখ :** ঘূর্ণিঝড়ের বায়ুর অভিমুখ সব সময় কেন্দ্রমুখী হয়। ঘূর্ণিঝড়ের সময় চারদিক থেকে বায়ু ঘূর্ণিবর্তে কেন্দ্রের দিকে ছুটে আসে।

৩. **বায়ুর গতি :** ঘূর্ণিঝড়ের ক্ষেত্রে বাতাসের গতি ঘণ্টায় 120 km থেকে 300 km পর্যন্ত হতে পারে। বাতাসের গতি 250 $km\ h^{-1}$ এর বেশি হলে সুপার সাইক্লোনের সৃষ্টি হয়।

৪. **ঝড়ের বিস্তৃতি :** ঘূর্ণির বিস্তৃতি 80 km থেকে 200 km এর মধ্যে থাকে। ঝড়ের উচ্চতা 15500 m এর উপরে হয়।

৫. **বায়ুপ্রবাহের অভিমুখ :** উচ্চচাপ অঞ্চল থেকে বায়ু নিম্নচাপে অক্ষের চারিদিকে ঘূর্ণিবেগে গোলাকারভাবে আবর্তিত হয়। তবে উত্তর গোলার্ধে ঘড়ির কাটার বিপরীত দিকের গতিতে এবং দক্ষিণ গোলার্ধে ঘড়ির কাটার দিকের গতিতে প্রবাহিত হয়।

৬. **চাপের পার্থক্য :** ঘূর্ণিঝড়ের কেন্দ্রের বায়ুচাপ ও ঘূর্ণিঝড়ের বহিঃসীমা বায়ুচাপের পার্থক্যের যথেষ্ট ব্যবধান থাকে। এ ব্যবধানের মাত্রা যতো অধিক ঝড়ের তীব্রতাও ততো বেশি হয়।

৭. **আবহাওয়ার বিরূপ প্রবাহ :** ঘূর্ণিঝড়ের সময় আবহাওয়ার বিরূপ প্রবাহ পরিলক্ষিত হয়। বাতাসের গতিবেগের বৃদ্ধি, জলীয় বাষ্প পূর্ণ বায়ুর প্রবাহে অস্বাভাবিক বৃষ্টিপাতের সৃষ্টি হয়। প্রকৃতি তাণ্ডবলীলায় মেতে ওঠে। দুর্যোগপূর্ণ আবহাওয়ায় প্রকৃতি ধ্বংসযজ্ঞে মেতে ওঠে।

৮. **শক্তি অর্জন :** জলীয় বাষ্পের তাপ ও সুপ্ততাপ থেকে ঘূর্ণিঝড় তার শক্তি অর্জন করে। এ শক্তি খুব দ্রুত পরিবর্তিত হতে গতিশক্তিতে রূপান্তরিত হয়ে ঘূর্ণিঝড়কে সক্রিয় করে।

৯. **কেন্দ্রবিন্দু :** ঘূর্ণিঝড়ে কেন্দ্রবিন্দু বর্তমান থাকে। এ কেন্দ্রবিন্দুর দিকেই ঘূর্ণিঝড়ের অভিমুখ থাকে। কেন্দ্রবিন্দু পরিবর্তিত হলে ঘূর্ণিঝড়ের অভিমুখ পরিবর্তিত হয়। ঘূর্ণিঝড়ের গতিপথকে বায়ুস্রোত অনুসরণ করে।

১০. বায়ুর চাপ ও গতি : পারিপার্শ্বিক তাপমাত্রা বেড়ে গেলে বায়ুর ঘনত্ব কমে যায়। ফলে বায়ুর চাপও কমে যায়। উচ্চচাপ স্থানের উচ্চ ঘনত্বের শীতল বায়ু নিম্নচাপ এলাকায় প্রবল বেগে ধেয়ে আসে। বায়ু যেদিক বরাবর প্রবাহিত হয় ঘূর্ণিঝড় সেদিক বরাবর অগ্রসর হয়।

চিন্তা করে উত্তর দাও – ১.১ :

১. সমুদ্রের উষ্ণ পানি কেন ঘূর্ণিঝড়ের ক্ষেত্রে প্রধান নিয়ামকের ভূমিকা রাখে?

২. আর্দ্র বায়ু ও শুষ্ক বায়ুর মধ্যে কোনটি বেশি ভারী এবং কেন?

৩. বায়ুর গ্যাসীয় উপাদান ও বাষ্পের মধ্যে পার্থক্য কী?

৪. আর্দ্র বায়ু ও শুষ্ক বায়ুর মধ্যে কোনটির চাপ অধিক?

৫. গ্যাস অণুগুলোর সংঘর্ষে গ্যাসের চাপের সৃষ্টি হয় কেন?

অনুসন্ধানমূলক প্রতিবেদন - ১.২ :

বিগত ১ – ২ বছরের মধ্যে তোমার এলাকা বা তার আশেপাশের এলাকাতে কালবৈশাখী ঝড় বা অন্য কোনো ঘূর্ণিঝড়ের তাণ্ডবে প্রকৃতিতে যে ধ্বংসলীলা সংগঠিত হয়েছে তার উপর একটি প্রতিবেদন তৈরি করে শ্রেণিশিক্ষকের নিকট জমা দাও।

১.৩ বয়েল, চার্লস, অ্যাভোগাড্রো, গে-লুসাক, ডাল্টনের আংশিক চাপসূত্র এবং গ্রাহামের ব্যাপন সূত্র

(Boyle, Charles, Avogadro, Gay-Lussac, Dalton's Law of Partial Pressure & Graham's Law of gas diffusion)

১.৩.১ বয়েলের সূত্র (Boyle's Law)

রবার্ট বয়েল (Robert Boyle) তাপমাত্রা স্থির রেখে কোনো গ্যাসের আয়তনের উপর চাপের প্রভাব সম্পর্কিত পরীক্ষা সম্পন্ন করেন। এ পরীক্ষার ভিত্তিতে তিনি 1660 সালে গবেষণার ফলাফল প্রকাশ করেন; যা বয়েলের সূত্র হিসেবে পরিচিত। সূত্রটি এরূপ–

"স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট ভরের কোনো গ্যাসের আয়তন ঐ গ্যাসের উপর প্রযুক্ত চাপের ব্যস্তানুপাতিক।"

যদি স্থির তাপমাত্রায় কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন 'V' এবং গ্যাসের উপর প্রযুক্ত চাপ 'P' হয় তবে বয়েলের সূত্রানুসারে, $V \propto \frac{1}{P}$: [যখন তাপমাত্রা স্থির] $\therefore V = K\frac{1}{P}$; এখানে K হলো আনুপাতিক ধ্রুবক।

$\therefore \quad PV = K$ ..... (i)

অর্থাৎ **"স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট ভরের কোনো গ্যাসের চাপ (P) ও আয়তন (V) এর গুণফল ধ্রুবক।"**

তাপমাত্রা স্থির রেখে ঐ নির্দিষ্ট ভরের একই গ্যাসের উপর প্রযুক্ত চাপ P_1 এবং এ চাপে গ্যাসের আয়তন V_1 হলে বয়েলের সূত্রানুসারে, $P_1V_1 = K$ .....(ii) একইভাবে, $P_2V_2 = K$, $P_3V_3 = K$; $\therefore P_nV_n = K$

উপরের সমীকরণ থেকে দেখা যায়, $PV = P_1V_1 = P_2V_2 = ... = P_nV_n = K$. $\therefore PV = P_1V_1$ অথবা, $P_1V_1 = P_2V_2$

স্থির তাপমাত্রায় এ সমীকরণ থেকে যেকোনো তিনটি ফাংশন মান জানা থাকলে অপরটি নির্ণয় করা যায়।

জেনে রাখ :

চাপ, আয়তন ও ভরের এককের মধ্যে সম্পর্ক : 1 atm = 1.01325 bar = 760 mm(Hg) = 760 Tor = 101.325 kPa = 101.325×10^3 Pa = 101.325×10^3 $N.m^{-2}$, 1 L = 1 dm^3 = 1000 mL = 1000 cm^3, 1 m^3 = 1000 L

1 L = 0.2639 Gallon, 1 Gallon = 3.79 L, 1 g = 0.0352 OZ, 1 OZ = 28.35 g, 1000 g = 1 kg, 1000 kg = 1 Ton, 1 Ton = 2204.51 Lbs, 1 Lbs = 0.4536 kg, 1 kg = 2.2046 Lbs, 1 g = 5 Carat, 1 Carat = 0.2 g.

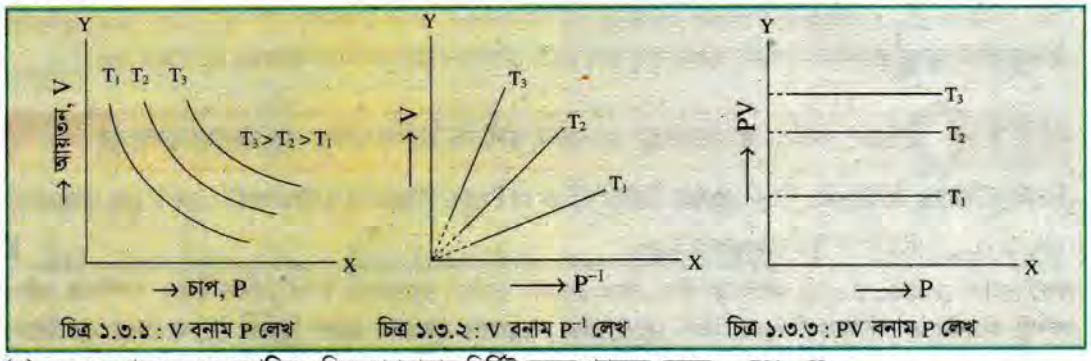
লেখচিত্রের সাহায্যে বয়েলের সূত্রের ব্যাখ্যা :

(ক) গ্যাসের চাপ (P) বনাম আয়তনের (V) লেখচিত্র : স্থির তাপমাত্রায় কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের উপর বিভিন্ন মানের চাপ প্রয়োগ করে প্রতিটি চাপের ক্ষেত্রে গ্যাসের আয়তনকে রেকর্ড করে লেখচিত্র অঙ্কন করা যায়। লেখচিত্রের X অক্ষ বরাবর চাপ (P) এবং Y অক্ষ বরাবর আয়তন (V) প্লট করা হয়ে থাকে।

একইভাবে বিভিন্ন স্থির তাপমাত্রায় একই ভরের গ্যাসের জন্য বিভিন্ন লেখচিত্র পাওয়া যাবে। এসব লেখচিত্রের প্রকৃতি অধিবৃত্তীয় হয়ে থাকে। তবে মনে রাখবে স্থির তাপমাত্রায় কোনো প্রক্রিয়া সম্পন্ন করলে তাকে সমতাপীয় প্রক্রিয়া বলা হয়ে থাকে। এ কারণে প্রাপ্ত অধিবৃত্তীয় রেখাসমূহকে সমতাপ রেখা (Isotherm) বলা হয়ে থাকে।

(খ) গ্যাসের আয়তন (V) বনাম চাপ ইনভার্স (P^{-1}) লেখচিত্র : স্থির তাপমাত্রায় কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন (V) বনাম প্রযুক্ত চাপের ব্যস্তানুপাত (P^{-1}) লেখচিত্রে স্থাপন করলে মূলবিন্দুগামী সরলরেখা পাওয়া যায়। এক্ষেত্রে, X অক্ষ বরাবর চাপ ইনভার্স (P^{-1}) এবং Y অক্ষ বরাবর আয়তন (V) প্লট করা হয়।

(গ) গ্যাসের চাপ ও আয়তনের গুণফল (PV) বনাম চাপ (P) এর লেখচিত্র : স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের উপর প্রযুক্ত চাপ ও আয়তনের গুণফল ধ্রুবক। অর্থাৎ PV = ধ্রুবক। তাই PV এর বিপরীতে P প্লট করলে আনুভূমিক সরলরেখা পাওয়া যায়।



চিত্র ১.৩.১ : V বনাম P লেখ চিত্র ১.৩.২ : V বনাম P^{-1} লেখ চিত্র ১.৩.৩ : PV বনাম P লেখ

(ঘ) log P বনাম log V লেখচিত্র : স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের ক্ষেত্রে, $PV = K$

বা $\log PV = \log K$

বা, $\log P + \log V = \log K$

$\therefore \log P = -\log V + \log K = (-1)\log V + \log K$ অর্থাৎ $y = mx + c$

এটি একটি সরলরেখার সমীকরণ যার ঢাল $\tan\theta = -1$

এখন $\tan\theta = -1 = \tan 135^\circ \therefore \theta = 135^\circ$

সুতরাং X অক্ষ বরাবর log V এবং Y অক্ষ বরাবর log P স্থাপন করলে যে সরলরেখা পাওয়া যাবে তা X অক্ষের ধনাত্মক দিকে সবসময় 135° কোণে নত থাকবে (চিত্র ১.৩.৪)।

পুনরায় নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের বিভিন্ন স্থির তাপমাত্রায় log P বনাম log V এর লেখচিত্র অঙ্কন করলে উৎপন্ন রেখাগুলো পরস্পর সমান্তরাল হবে এবং প্রত্যেকে X অক্ষের ধনাত্মক দিকের সাথে 135° কোনে নত থাকবে। তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে সরলরৈখিক লেখচিত্র উভয় অক্ষ থেকে দূরে স্থাপিত হবে (চিত্র ১.৩.৫)।

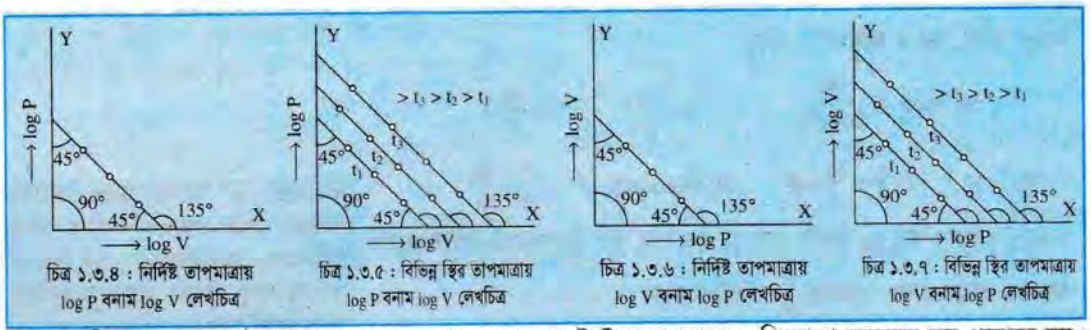
(ঙ) log V বনাম log P এর লেখচিত্র : স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের ক্ষেত্রে,

$PV = K$ বা $\log(PV) = \log K$ বা $\log P + \log V = \log K$, বা $\log V = -\log P + \log K = (-1)\log P + \log K$

এটি একটি সরলরেখার সমীকরণ যার ঢাল, $\tan\theta = -1 = \tan 135^\circ$

$\therefore \theta = 135^\circ$

এখন X-অক্ষ বরাবর log P এবং Y-অক্ষ বরাবর log V স্থাপন করলে উৎপন্ন সরলরেখাটি log P অক্ষের ধনাত্মক দিকের সাথে 135° কোণে নত থাকবে (চিত্র ১.৩.৬)। পুনরায় নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের বিভিন্ন স্থির তাপমাত্রায় log P বনাম log V এর লেখচিত্র অঙ্কন করলে উৎপন্ন সরলরেখাগুলো সমান্তরাল হবে এবং প্রত্যেকটি রেখা log P অক্ষের ধনাত্মক দিকের সাথে 135° কোণে নত থাকবে। তাপমাত্রা বৃদ্ধির কারণে সরলরৈখিক রেখাগুলো উভয়পক্ষ থেকে সমান দূরে সরে যাবে (চিত্র ১.৩.৭)।



চিত্র ১.৩.৪ : নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় log P বনাম log V লেখচিত্র
চিত্র ১.৩.৫ : বিভিন্ন স্থির তাপমাত্রায় log P বনাম log V লেখচিত্র
চিত্র ১.৩.৬ : নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় log V বনাম log P লেখচিত্র
চিত্র ১.৩.৭ : বিভিন্ন স্থির তাপমাত্রায় log V বনাম log P লেখচিত্র

তবে একটি কথা না বললেই নয়, গ্যাস যেহেতু বাস্তব গ্যাস, তাই উচ্চ তাপমাত্রা ও নিম্নচাপে বয়েলের সূত্র প্রযোজ্য হয়। নিম্ন তাপমাত্রা ও উচ্চ চাপে এ সূত্রের বিচ্যুতি দেখা যায়।

বয়েলের সূত্রের বাস্তব ধারণা : যে কোনো পাত্রে রক্ষিত গ্যাসের মধ্যে ঐ গ্যাসের অসংখ্য অণু বর্তমান থাকে। এ অণুগুলো কিন্তু স্থির বা স্থিতিবস্থায় থাকে না, বরঞ্চ এ অণুগুলো তাদের গতিশক্তির প্রভাবে সর্বদা চারদিকে ছোটাছুটি করে এবং নিজেদের মধ্যে সংঘর্ষে লিপ্ত হয় ও পাত্রের দেয়ালে অনবরত সংঘর্ষ প্রাপ্ত হয়। গ্যাসের অণুগুলোর পাত্রের দেওয়ালে সংঘর্ষের ফলেই গ্যাসের চাপ সৃষ্টি হয়। এখন, তাপমাত্রা স্থির রেখে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন কমালে গ্যাস অণুগুলো পাত্রের দেয়ালে আরো অধিক হারে সংঘর্ষে লিপ্ত হবে, ফলে এতে গ্যাসের চাপ বেড়ে যাবে। বিপরীতভাবে যদি গ্যাসের আয়তন বাড়ানো হয়, তবে গ্যাস অণুগুলো দ্বারা পাত্রের দেয়ালের উপর সংঘর্ষের সংখ্যা কমে যাবে। ফলে গ্যাসের চাপও কমে যাবে। মূলত গ্যাস অণু কর্তৃক পাত্রের দেয়ালের উপর এ সংঘর্ষ বা ধাক্কাই গ্যাসের চাপ।



চিত্র ১.৩.৮ : বয়েলের সূত্রের বাস্তব প্রয়োগ

বয়েলের সূত্রের প্রযোজ্যতা : উচ্চ তাপমাত্রা ও নিম্নচাপে সব গ্যাসই মোটামুটিভাবে বয়েলের সূত্র মেনে চলে। তবে খুব কম গ্যাসই সাধারণ তাপমাত্রা ও চাপে এ সূত্র অনুসরণ করে থাকে। যেসব গ্যাস পরীক্ষাধীন অবস্থায় স্থির তাপমাত্রায় চাপ পরিবর্তনের ফলে অণু সংখ্যার পরিবর্তন ঘটে, সেসব গ্যাসের ক্ষেত্রে বয়েলের সূত্রটি প্রযোজ্য নয়। যেমন, NO_2 গ্যাসের ক্ষেত্রে গ্যাসের মধ্যে সবসময়ই এর ডাইমার অণু ডাইনাইট্রোজেন টেট্রাঅক্সাইড (N_2O_4) গ্যাস থাকে। $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$ চাপের পরিবর্তনের ফলে গ্যাসের অণুর সংখ্যার পরিবর্তন ঘটে। তাই এক্ষেত্রে বয়েলের সূত্র প্রযোজ্য হয় না। NH_3, CO_2, H_2S, SO_2, SO_3 প্রভৃতি গ্যাস এ সূত্র মেনে চলে না। তবে সাধারণ অবস্থায় H_2, N_2, O_2 ও নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ এ সূত্র মোটামুটিভাবে মেনে চলে।

চিন্তা করে উত্তর দাও – ১.৩ :

১. স্থির তাপমাত্রায় V^{-1} বনাম P লেখচিত্রের প্রকৃতি কিরূপ হবে?
২. ফুটবলকে পাম্প করার সময় তার ভেতরের গ্যাসের আয়তন ও চাপ এ দুটিই বৃদ্ধি ঘটে। এ ঘটনা কী বয়েলের সূত্রের পরিপন্থি?
৩. নিম্ন তাপমাত্রায় এবং উচ্চ চাপে বয়েলের সূত্রের সামান্য ব্যতিক্রম দেখা যায় কেন?
৪. স্থির তাপমাত্রায় V বনাম P লেখচিত্রের প্রকৃতি কিরূপ হবে?

বয়েলের সূত্রের অনুসিদ্ধান্ত (Corollary of Boyle's law) : বয়েলের সূত্রানুসারে, স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন গ্যাসের উপর আরোপিত চাপের ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়। অর্থাৎ স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের চাপ বাড়লে আয়তন কমবে এবং ঘনত্ব বাড়বে।

যদি স্থির তাপমাত্রায় m ভরবিশিষ্ট একটি গ্যাসের চাপ, আয়তন ও ঘনত্ব যথাক্রমে P, V ও d হয় তবে বয়েলের সূত্রানুসারে, $PV = K$ (যখন গ্যাসের ভর ও উষ্ণতা স্থির)

উ. মা. রসায়ন (২য় পত্র)—০২

আমরা জানি, ভর = আয়তন × ঘনত্ব

বা, ঘনত্ব $= \frac{\text{ভর}}{\text{আয়তন}}$ $\therefore d = \frac{m}{V}$ $\therefore V = \frac{m}{d}$

$\therefore PV = K$ বা, $P \times \frac{m}{d} = K$ বা, $Pm = Kd$ $\therefore \frac{P}{d} = \frac{K}{m}$

যেহেতু গ্যাসের ভর, m নির্দিষ্ট এবং K এর মান স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের ক্ষেত্রে ধ্রুবক। সেহেতু $\frac{K}{m}$ রাশিটিও ধ্রুবক।

তাপমাত্রা ও চাপের উপর গ্যাসের আয়তন নির্ভর করে। গ্যাসের ঘনত্ব আয়তনের ব্যস্তানুপাতিক। সে কারণে গ্যাসের ঘনত্ব সবসময় চাপ ও তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে।

$\therefore \frac{P}{d} = K'$ এখানে $K' = \frac{K}{m}$ $\therefore P = K'd$ বা, $P \propto d$ ..... (i)

অর্থাৎ স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের ঘনত্ব গ্যাসটির চাপের সাথে সমানুপাতে পরিবর্তিত হয়। তাই স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের চাপ বাড়ালে ঘনত্ব বাড়বে এবং চাপ কমালে গ্যাসের ঘনত্ব কমবে। যদি স্থির তাপমাত্রায় P_1 ও P_2 চাপে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের ঘনত্ব যথাক্রমে d_1 ও d_2 হয় তবে (i) নং সমীকরণের সম্পর্ক থেকে লেখা যায় $\frac{P_1}{P_2} = \frac{d_1}{d_2}$.

চিন্তা করে উত্তর দাও – ১.৪ :

গ্যাসের ঘনত্ব সবসময় চাপ ও তাপমাত্রার উপর নির্ভর করলেও গ্যাসের বাষ্প ঘনত্ব বা আপেক্ষিক ঘনত্ব কোনভাবেই চাপ ও তাপমাত্রা দ্বারা প্রভাবিত হয় না কেন?

উদাহরণ ১ : 35 °C তাপমাত্রায় 99.99 kPa চাপে কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন 550 cm^3। স্থির তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন 600 cm^3 এ পরিবর্তন করতে হলে চাপের কী পরিবর্তন ঘটাতে হবে?

সমাধান : বয়েলের সূত্রের গাণিতিক ব্যাখ্যা হতে আমরা লিখতে পারি–

$P_1V_1 = P_2V_2$

$\therefore P_2 = \frac{P_1V_1}{V_2} = \frac{99.99 \text{ kPa} \times 550 \text{ cm}^3}{600 \text{ cm}^3} = 91.6575 \text{ kPa}$

$\therefore$ শেষ চাপ প্রাথমিক চাপ অপেক্ষা ছোট।

$\therefore$ চাপের হ্রাস $= (P_1 - P_2) = (99.99 - 91.6575) \text{ kPa} = 8.3325 \text{ kPa}$

এখানে,

P_1 = প্রাথমিক চাপ = 99.99 kPa

V_2 = শেষ আয়তন = 600 cm^3

V_1 = প্রাথমিক আয়তন = 550 cm^3

P_2 = শেষ চাপ = ?

$\therefore$ স্থির তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন 600 cm^3 পরিবর্তন করতে হলে 8.3325 kPa চাপ হ্রাস ঘটাতে হবে।

উদাহরণ ২ : 38 °C তাপমাত্রায় একটি কাচের মার্বেলসহ কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন 250 cm^3। তাপমাত্রা স্থির রেখে চাপ দ্বিগুণ করা হলে মার্বেলসহ গ্যাসের আয়তন দাঁড়ায় 130 cm^3। মার্বেলের আয়তন নির্ণয় কর।

সমাধান : মনে করি, কাচের মার্বেলের আয়তন x cm^3। বয়েলের সূত্রের গাণিতিক ব্যাখ্যা হতে আমরা লিখতে পারি,

$P_1(V_1 - x) = P_2(V_2 - x)$

বা, $P_1(250 - x) = 2P_1(130 - x)$

বা, $250 - x = 260 - 2x$

বা, $2x - x = 260 - 250$

$\therefore x = 10 \text{ cm}^3$

$\therefore$ কাচের মার্বেলের আয়তন 10 cm^3।

এখানে, P_1 = প্রাথমিক চাপ (ধরি)

P_2 = শেষ চাপ = $2P_1$

V_1 = কাচের মার্বেলসহ গ্যাসের প্রাথমিক আয়তন = 250 cm^3

V_2 = কাচের মার্বেলসহ গ্যাসের শেষ আয়তন = 130 cm^3

x = কাচের মার্বেলের আয়তন = ?

নিজে কর – ১.৫ :

১. 37 °C তাপমাত্রা ও 99.99 kPa চাপে 450 cm^3 আয়তনের একটি পাত্রে কিছু পরিমাণ গ্যাস রক্ষিত আছে। 550 cm^3 আয়তনের অপর পাত্রে গ্যাসটিকে স্থানান্তর করা হলো। 37 °C তাপমাত্রায় নতুন পাত্রে গ্যাসটির চাপ নির্ণয় কর। **উত্তর :** 81.81 kPa.

২. 30 °C তাপমাত্রায় ও 765 mm (Hg) চাপে একটি গ্যাসের যে আয়তন ছিল তার $^1/_3$ ভাগ আয়তন হ্রাস করতে হলে গ্যাসটিতে চাপের কী পরিবর্তন ঘটাতে হবে? **উত্তর :** 382.5 mm (Hg) চাপ বৃদ্ধি করতে হবে।

৩. 35 °C তাপমাত্রায় একটি কাচের মার্বেলসহ কিছু পরিমাণ H_2 গ্যাসের আয়তন 1 atm চাপে 200 cm^3 এবং 852 mm (Hg) চাপে 180 cm^3 হলে মার্বেলের আয়তন নির্ণয় কর। **উত্তর :** 14.7826 cm^3।

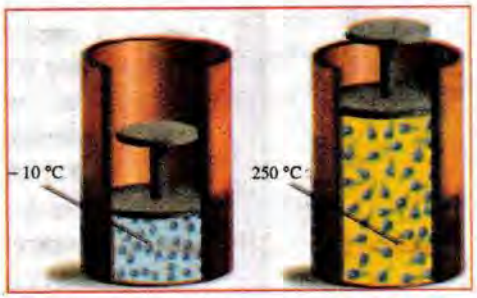
৪. কলেজের বার্ষিক ক্রীড়া প্রতিযোগিতায় 1.75 atm চাপে একটি বেলুনে 25 m^3 H_2 গ্যাস ভর্তি করা হলো। গ্যাসের এ আয়তন বেলুনটির সর্বাধিক প্রসারণ ক্ষমতার $^5/_7$ ভাগ। বেলুনটিকে মাঠ থেকে উড়িয়ে দেয়া হলো। বায়ুমণ্ডলের তাপমাত্রা স্থির থাকলে কোন উচ্চতায় বেলুনটি ফেটে যাবে? প্রতি 100 cm উচ্চতায় চাপ 0.5 mm হ্রাস ঘটে। **উত্তর :** 760 m।

৫. 35 °C তাপমাত্রায় ও 1.01 atm চাপে কোন একটি গ্যাসের ঘনত্ব 25 $g.L^{-1}$। একই তাপমাত্রায় 780 mm (Hg) চাপে গ্যাসটির ঘনত্ব কত? **উত্তর :** 25.4038 g L^{-1}।

১.৩.২ চার্লসের সূত্র (Charles' Law)

ফরাসি বিজ্ঞানী জ্যাকুইস এ. সি. চার্লস ১৭৮৭ খ্রিস্টাব্দে স্থির চাপে গ্যাসের আয়তনের সাথে তাপমাত্রার সম্পর্ক স্থাপন করেন। তিনি অনেক পরীক্ষার পর সিদ্ধান্তে উপনীত হন যে,

"স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের যেকোনো গ্যাসের আয়তন প্রতি ডিগ্রি সেলসিয়াস তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাসের ফলে 0 °C তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তনের $\frac{1}{273}$ অংশ বৃদ্ধি বা হ্রাস ঘটবে।"



চিত্র ১.৩.৯ : চার্লসের সূত্রের বাস্তব প্রয়োগ

যদি স্থির চাপে কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন 0 °C তাপমাত্রায় V_0 cm^3 হয় তবে,

1 °C তাপমাত্রার বৃদ্ধির ফলে গ্যাসের আয়তনের বৃদ্ধি V_0 এর $\frac{1}{273}$

$= \frac{V_0}{273}$ cm^3

$\therefore$ 1 °C তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে গ্যাসের মোট আয়তন $= (V_0 + \frac{V_0}{273})$ $cm^3 = V_0\left(1 + \frac{1}{273}\right)$ cm^3

2 °C তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে গ্যাসের মোট আয়তন $= V_0\left(1 + \frac{2}{273}\right)$ cm^3

t °C তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে গ্যাসের মোট আয়তন $= V_0\left(1 + \frac{t}{273}\right)$ cm^3

$\therefore$ স্থির চাপে 273 °C তাপমাত্রায় গ্যাসের মোট আয়তন $= V_0\left(1 + \frac{273}{273}\right)$ $cm^3 = 2V_0$ cm^3

অর্থাৎ 0 °C তাপমাত্রার আয়তনের ঠিক দ্বিগুণ হয়ে যায়।

পুনরায় 1 °C তাপমাত্রার হ্রাসের ফলে গ্যাসের আয়তনের হ্রাস V_0 এর $\frac{1}{273}$ $cm^3 = \frac{V_0}{273}$ cm^3

$\therefore$ 1 °C তাপমাত্রা হ্রাসের ফলে গ্যাসের মোট আয়তন $= \left(V_0 - \frac{V_0}{273}\right)$ $cm^3 = V_0\left(1 - \frac{1}{273}\right)$ cm^3

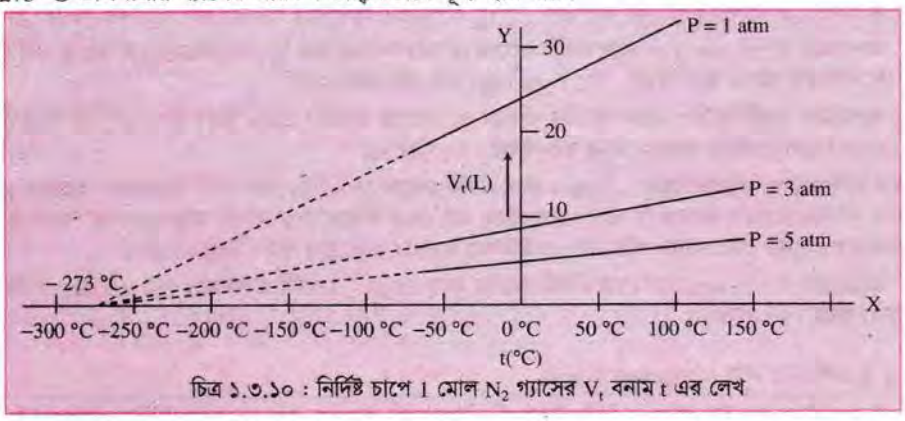
2 °C তাপমাত্রা হ্রাসের ফলে গ্যাসের মোট আয়তন $= V_0\left(1 - \frac{2}{273}\right)$ cm^3

t °C তাপমাত্রা হ্রাসের ফলে গ্যাসের মোট আয়তন $= V_0\left(1 - \frac{t}{273}\right)$ cm^3

$\therefore$ –273 °C তাপমাত্রায় গ্যাসের মোট আয়তন $= V_0(1 - \frac{273}{273})$ $cm^3 = 0$

গ্যাসের আয়তনকে Y অক্ষ ও সংশ্লিষ্ট তাপমাত্রাকে X অক্ষ হিসেবে তাপমাত্রার বিপরীতে গ্যাসের আয়তনভিত্তিক লেখচিত্র অঙ্কন করলে দেখা যায় যে, স্থির চাপে গ্যাসের আয়তন তাপমাত্রা হ্রাসের সাথে সরল রৈখিকভাবে হ্রাস পায়।

অর্থাৎ –273 °C তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন তাত্ত্বিকভাবে শূন্য হয়ে যায়।



চিত্র ১.৩.১০ : নির্দিষ্ট চাপে 1 মোল N_2 গ্যাসের V_t বনাম t এর লেখ



চিত্র ১.৩.১১ : সেন্টিগ্রেড ও কেলভিন স্কেলের মধ্যে সম্পর্ক

বাস্তবক্ষেত্রে দেখা যায় –273 °C তাপমাত্রায় পৌঁছানোর পূর্বেই কোনো না কোনো তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন শূন্য হয়ে যায়। লেখচিত্র থেকে দেখা যায়, 0 °C তাপমাত্রায় কোনো নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন V_0 cm^3 হলে তা –273 °C তাপমাত্রায় তাত্ত্বিকভাবে শূন্য হয়ে যায়। আবার, 273 °C তাপমাত্রায় এ আয়তন 0 °C তাপমাত্রার আয়তনের দ্বিগুণ অর্থাৎ $2V_0$ cm^3 হয়ে যায়।

এরপর আর কোনো পরীক্ষাধীন আয়তন পাওয়া যায় না। কিন্তু সরলরেখাটিকে নিম্ন তাপমাত্রার দিকে প্রসারিত করলে দেখা যায় যে, –273.15 °C তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন তাত্ত্বিকভাবে শূন্য হয়ে যায়। তাই –273.15 °C বা –273 °C তাপমাত্রাকে পরম শূন্য তাপমাত্রা বলা হয়ে থাকে। একে 0 K দ্বারা প্রকাশ করা হয়ে থাকে। অর্থাৎ –273 °C = 0 K

বা, 0 °C = 273 K $\therefore$ t °C = (273 + t) K = T K

সেলসিয়াস স্কেলের তাপমাত্রার সাথে 273 যোগ করে পরম বা কেলভিন স্কেলের তাপমাত্রা পাওয়া যায়।

নিজে কর – ১.৬ :

১. 37 °C তাপমাত্রাকে কেলভিন তাপমাত্রার স্কেলে এবং 315 K তাপমাত্রা সেলসিয়াস স্কেলে প্রকাশ কর।

২. স্থির চাপে 0 °C থেকে 65 °C তাপমাত্রায় উন্নীত করায় কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন 1.0 dm^3 হতে বৃদ্ধি পেয়ে 1.238 dm^3 হলো। এ তথ্যের আলোকে পরম শূন্যের মান সেলসিয়াস তাপমাত্রায় নির্ণয় কর। **উত্তর :** – 273.109 °C.

৩. স্থির চাপে 0 °C থেকে –100 °C তাপমাত্রায় নিয়ে গেলে কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন 1.0 dm^3 থেকে হ্রাস পেয়ে 0.6339 dm^3 হয়। এ ফলাফল থেকে পরমশূন্যের মান সেলসিয়াস তাপমাত্রায় নির্ণয় কর। **উত্তর :** – 273.149 °C.

চিন্তা করে উত্তর দাও – ১.৭ :

১. কেলভিন স্কেলের তাপমাত্রা লিখতে কেন ডিগ্রি চিহ্ন (°) ব্যবহার করা হয় না?

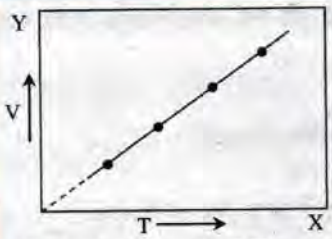
২. স্থির আয়তনের নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের ক্ষেত্রে P বনাম T লেখচিত্রের প্রকৃতি কীরূপ হবে?

চার্লসের সূত্রের প্রযোজ্যতা : চার্লসের সূত্রটি যদিও প্রায় সব গ্যাসের ক্ষেত্রে প্রয়োগ করা যায়, কিন্তু খুব কম গ্যাসই সাধারণ তাপমাত্রা ও চাপে এ সূত্রটি সঠিকভাবে মেনে চলে। একমাত্র খুব নিম্ন চাপেই কেবলমাত্র এ সূত্রের প্রয়োগ সম্ভব।

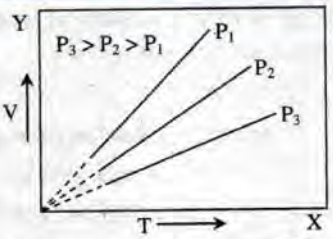
লেখচিত্রের সাহায্যে চার্লসের সূত্রের উপস্থাপন (Graphical representation of Charles' law) : স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের ক্ষেত্রে চার্লসের সূত্র, $V = KT$ একটি মূল বিন্দুগামী সরলরেখার সমীকরণ। স্থির চাপে কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন (V) এর মান বিভিন্ন পরম তাপমাত্রায় নির্ণয় করে X অক্ষ বরাবর T এবং Y অক্ষ বরাবর V ধরে লেখচিত্র অঙ্কন করলে মূল বিন্দুগামী সরলরেখা পাওয়া যায় (চিত্র ১.৩.১২)। সরলরেখাটিকে পিছনের দিকে বর্ধিত করলে রেখাটি মূলবিন্দুকে স্পর্শ করবে। মূলবিন্দুতে তাপমাত্রা 0 K এবং এ তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন শূন্য। সরলরেখাটিকে পিছনের দিকে বর্ধিত করার কারণ হলো কোনো গ্যাসকে শীতল করে 0 K তাপমাত্রায় নিয়ে যাওয়া সম্ভব নয়। এ 0 K তাপমাত্রা বা এর কাছাকাছি কোনো তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন আমরা পরীক্ষামূলকভাবে মাপতে পারি না। এ তাপমাত্রায় গ্যাস তরলে পরিবর্তিত হয়ে যায়।

স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের কোনো গ্যাসের আয়তন, V বনাম পরম তাপমাত্রা, T লেখচিত্র অঙ্কন করলে লেখচিত্রগুলোর প্রত্যেকটিতেই মূলগামী সরলরেখা পাওয়া যায়। এ রেখাগুলো X অক্ষের সাথে বিভিন্ন কোণে আনত থাকে। তবে সর্বনিম্ন চাপে প্রাপ্ত রেখাটি X অক্ষের সাথে অধিকতর কোণে আনত থাকে (চিত্র ১.৩.১১)।

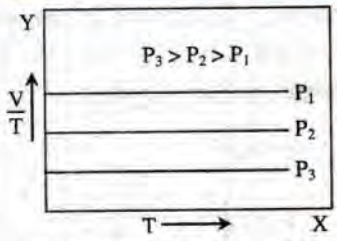
আবার স্থির চাপে $\frac{V}{T}$ বনাম T লেখচিত্র অঙ্কন করলে লেখচিত্রগুলোর প্রত্যেকটিতেই T অক্ষের সমান্তরাল সরলরেখা পাওয়া যায়। এ রেখাগুলো X অক্ষ থেকে বিভিন্ন দূরত্বে অবস্থান করে। সর্বনিম্ন চাপে প্রাপ্ত রেখাগুলো X অক্ষ থেকে অধিকতর দূরত্বে অবস্থান করে (চিত্র ১.৩.১৪)।



চিত্র ১.৩.১২ : স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের V বনাম T লেখচিত্র



চিত্র ১.৩.১৩ : বিভিন্ন স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের V বনাম T লেখচিত্র



চিত্র ১.৩.১৪ : বিভিন্ন স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের $\frac{V}{T}$ বনাম T লেখচিত্র

মনে রাখবে : স্থির চাপে কোনো গ্যাসের আয়তন (V) ও তাপমাত্রা (T) সম্পর্ক যে লেখচিত্রের সাহায্যে প্রকাশ করা হয় তাকে সমচাপ লেখ বলা হয়ে থাকে।

চার্লসের সূত্রের বিকল্প রূপ (Alternative form of charles' law) : স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের যেকোনো গ্যাসের আয়তনের সাথে গ্যাসটির উপর আরোপিত পরম তাপমাত্রা সম্পর্কযুক্ত।

স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের কোনো একটি গ্যাসের ক্ষেত্রে 0 °C, t_1 °C, t_2 °C, t_3 °C ..... তাপমাত্রায় এর আয়তন যথাক্রমে V_0, V_1, V_2, V_3 ..... cm^3 হয় তবে চালর্সের সূত্রানুসারে,

t_1°C তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন, $V_1 = V_0\left(1 + \frac{t_1}{273}\right) = V_0\left(\frac{273 + t_1}{273}\right) = \frac{V_0T_1}{273}$ এখানে, $(273 + t_1)°C = T_1$ K

$$\therefore \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_0}{273} \quad \text{..... (i)}$$

t_2°C তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন, $V_2 = V_0\left(1 + \frac{t_2}{273}\right) = V_0\left(\frac{273 + t_2}{273}\right) = \frac{V_0T_2}{273}$ এখানে, $(273 + t_2) = T_2$ K

$$\therefore \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_0}{273} \quad \text{..... (ii)}$$

t_3°C তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন, $V_3 = V_0\left(1 + \frac{t_3}{273}\right) = V_0\left(\frac{273 + t_3}{273}\right) = \frac{V_0 T_3}{273}$ এখানে, $(273 + t_3) = T_3$ K

$$\therefore \frac{V_3}{T_3} = \frac{V_0}{273} \quad \text{..... (iii)}$$

∴ (i) নং, (ii) নং ও (iii) নং সমীকরণ থেকে লেখা যায়–

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} = \text{.....} = \frac{V_0}{273} = K \text{ (ধ্রুবক) (K এর মান গ্যাসের ও চাপের উপর নির্ভরশীল)}$$

$$\therefore \frac{V}{T} = K, \text{ বা, } V = KT : \therefore V \propto T \text{ ..... (iv)}$$

iv নং সমীকরণ থেকে চার্লস সিদ্ধান্তে উপনীত হন যে, স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন তার উপর আরোপিত পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক।

মনে রাখবে : গ্যাস অণুগুলোর গতিবেগ গ্যাসের উপর আরোপিত তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল। তাপমাত্রার বৃদ্ধির ফলে গ্যাস অণুগুলোর গতিবেগ ও গতিশক্তির বৃদ্ধি ঘটে। এর ফলে গ্যাস অণুগুলো আরো বেশি বেগে বা জোরে পাত্রের দেয়ালে চাপ প্রয়োগ করে। তাই চাপ স্থির রেখে তাপমাত্রার বৃদ্ধি ঘটালে গ্যাসের আয়তনের বৃদ্ধি ঘটে।

চিন্তা করে উত্তর দাও - ১.৮ :

১. স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের তাপমাত্রা বাড়ালে আয়তনের বৃদ্ধি ঘটে কেন?

২. গ্রীষ্মকালে মোটর গাড়ির টায়ারকে ফোলাতে যে পরিমাণ বায়ুর প্রয়োজন, শীতকালে তার থেকে বেশি বায়ুর প্রয়োজন কেন?

উদাহরণ ১ : স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের একটি গ্যাসের প্রাথমিক তাপমাত্রা 30 °C হতে বৃদ্ধি করে এমন অবস্থায় নেওয়া হলো যে, গ্যাসের আয়তন দ্বিগুণ হয়ে গেল। তাপমাত্রায় কত বৃদ্ধি করা হয়েছিল?

সমাধান : চার্লসের সূত্রানুসারে,

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$\therefore T_2 = \frac{V_2 T_1}{V_1} = \frac{2V_1 \times 303\ K}{V_1}$$

$$= 606\ K$$

এখানে, T_1 = কেলভিন স্কেলে প্রাথমিক তাপমাত্রা
$= (30 + 273)$ K $= 303$ K
T_2 = কেলভিন স্কেলে পরিবর্তিত বা শেষ তাপমাত্রা = ?
V_2 = শেষ আয়তন $= 2V_1$, V_1 = প্রাথমিক আয়তন = ?

∴ সেলসিয়াস স্কেলে পরিবর্তিত তাপমাত্রা = (606 – 273) °C = 333 °C.

∴ তাপমাত্রার বৃদ্ধি = (333 – 30) °C = 303 °C.

নিজে কর – ১.৯ :

১. স্থির চাপে 27 °C তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন 1 L. কত তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন 2 L হবে? **উত্তর :** 327 °C।

২. 25 °C তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট ভরের একটি গ্যাসের আয়তন 480 cm^3। চাপ স্থির রেখে ঐ গ্যাসের আয়তন আরো 120 cm^3 বৃদ্ধি করতে হলে তাপমাত্রা কত বৃদ্ধি করতে হবে? **উত্তর :** 74.5 ° C।

৩. স্থির চাপে 27 °C তাপমাত্রায় একটি গ্যাসের আয়তন 450 cm^3। 62 °C তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তনের বৃদ্ধি গণনা কর। **উত্তর :** 52.5 cm^3।

৪. 50 g অক্সিজেন 785 mm (Hg) চাপে 27 °C তাপমাত্রায় 15 dm^3 আয়তনের একটি পাত্রে রাখা আছে। সম্পূর্ণ গ্যাস একই চাপে 25 dm^3 আয়তনের ভিন্ন একটি পাত্রে স্থানান্তরিত করা হলো। বড় পাত্রে গ্যাসের তাপমাত্রা নির্ণয় কর। **উত্তর :** 227 °C।

৫. বরফ ও পানির মিশ্রণে নিমজ্জিত করলে O_2 গ্যাসের একটি নমুনা 98.95 kPa চাপে আয়তন 450 cm^3 দখল করে। একই চাপে গ্যাসটিকে ফুটন্ত বেনজিনে নিমজ্জিত করলে এর আয়তন দাঁড়ায় 582.55 cm^3। বেনজিনের স্ফুটনাঙ্ক নির্ণয় কর। **উত্তর :** 80.41 °C।

৬. 0°C তাপমাত্রায় একটি বেলুনকে 980 cm^3 আয়তন পর্যন্ত ফোলানো হলো। এ আয়তন বেলুনটির সর্বাধিক প্রসারণ আয়তনের $^7/_8$ ভাগ। (ক) বেলুনটিকে যদি 30 °C তাপমাত্রায় একটি কক্ষে নিয়ে যাওয়া হয় তবে কী এটি ফেটে যাবে? (খ) কত তাপমাত্রার উপরে বেলুনটি ফাটবে? **উত্তর :** (ক) 30°C তাপমাত্রায় বেলুনটি ফাটবে না। (খ) 39°C তাপমাত্রার উপরে ফাটবে।

বয়েলের সূত্র ও চার্লসের সূত্রের সমন্বয় (Combination of Boyle's Law and Charles' Law) :

বয়েলের সূত্র : "স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট ভরের কোনো গ্যাসের আয়তন ঐ গ্যাসের উপর প্রযুক্ত চাপের ব্যস্তানুপাতিক।"

চার্লসের সূত্র : "স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের কোনো গ্যাসের আয়তন তার উপর আরোপিত পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক।"

নির্দিষ্ট ভরের কোনো গ্যাসের আয়তন V, চাপ P ও কেলভিন তাপমাত্রা T হলে–

বয়েলের সূত্র মতে, $V \propto \frac{1}{P}$ [যখন তাপমাত্রা স্থির] .....(i) চার্লসের সূত্র হতে, $V \propto T$ [যখন চাপ স্থির।] ..... (ii)

বীজগণিতের পরিবর্তন রাশির সূত্র মতে, (i) নং ও (ii) নং সম্পর্ক হতে আমরা লিখতে পারি–

$V \propto \frac{1}{P} \times T$ (যখন তাপমাত্রা ও চাপ উভয়েই পরিবর্তনশীল)

বা, $V = K\frac{T}{P}$ (এখানে K একটি আনুপাতিক ধ্রুবক) বা, $PV = KT$; $\frac{PV}{T} = K$ .....(iii)

এখন ঐ একই পরিমাণ গ্যাসের পরিবর্তিত চাপ, আয়তন ও তাপমাত্রা যদি P_1, V_1 ও T_1 হয় তবে,

$\frac{P_1V_1}{T_1} = K$, একইভাবে $\frac{P_2V_2}{T_2} = K$.

$\therefore \frac{PV}{T} = \frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} = \ldots\ldots\ldots\ldots = K$ $\therefore \frac{PV}{T} = \frac{P_1V_1}{T_1}$ বা, $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$.

বয়েল ও চার্লসের সূত্রের সমন্বয় হতে, $\frac{PV}{T} = K$ বা, $PV = KT$ হলে এ সমীকরণটিকে গ্যাসের সমন্বয় সূত্রের সমীকরণ বলা হয়। এ সমীকরণটি নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ, আয়তন ও পরম তাপমাত্রার মধ্যে সম্পর্ক প্রকাশ করে।

মনে রাখবে : ১. পরীক্ষাগারে যেকোনো গ্যাস প্রস্তুতির সময় বায়ু অপেক্ষা হালকা ও পানিতে অদ্রবণীয় গ্যাসসমূহকে পানির নিম্নমুখী অপসারণ প্রক্রিয়ায় সংগ্রহ করা হয়। এ ক্ষেত্রে সংগৃহীত গ্যাসের যে চাপ (P) পরিমাপ করা হয়, তা প্রকৃতপক্ষে আর্দ্র গ্যাসের চাপ। ডাল্টনের আংশিক চাপ সূত্রানুসারে,

আর্দ্র গ্যাসের চাপ (P) = শুষ্ক গ্যাসের চাপ (P_g) + পরীক্ষাগারের তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ (P_f)

$\therefore P = (P_g + P_f)$; $\therefore P_{(g)} = (P - P_f)$

পরীক্ষাগারের তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ (P_f) এর মান রেনোর সারণি (Regnault's table) থেকে জানা যায়।

২. যদি কোনো গ্যাসের মধ্যে কঠিন বস্তু থাকে, তবে সেক্ষেত্রে গ্যাসের মোট আয়তন থেকে কঠিন বস্তুর আয়তনকে বিয়োগ করলে গ্যাসের প্রকৃত আয়তন পাওয়া যায়। যদি কঠিন বস্তুর আয়তন x হয়, তবে বয়েল ও চার্লসের সমন্বয় সূত্রের পরিবর্তিত সমীকরণটি দাঁড়ায়, $\frac{P_1(V_1 - x)}{T_1} = \frac{P_2(V_2 - x)}{T_2}$

এখানে তাপমাত্রায় পরিবর্তনজনিত কারণে কঠিন বস্তুর আয়তনের কোনো পরিবর্তন ঘটে না বলে ধরে নেওয়া হয়।

৩. তাপমাত্রা ও চাপের পরিবর্তনের ফলে গ্যাসের আয়তনের পরিবর্তন ঘটে কিন্তু ভর সংখ্যা, মোল সংখ্যা বা অণু সংখ্যার কোনো পরিবর্তন ঘটে না।

তোমরা নিশ্চয়ই পূর্ববর্তী শ্রেণিতে প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপ সম্পর্কে জেনেছ। একে সংক্ষেপে STP বা NTP বলা হয়ে থাকে। এর মানও নিশ্চয়ই তোমাদের জানা আছে। প্রমাণ তাপমাত্রা 0 °C বা 273 K এবং প্রমাণ চাপ 1 atm বা 101.325 kPa বা 760 mm (Hg)। STP তে 1.0 মোল গ্যাসের আয়তন 22.4 dm^3।

SATP : SATP হলো Standard Ambient Temperature & Pressure বা প্রমাণ বায়ুমণ্ডলীয় তাপমাত্রা ও চাপ। এক্ষেত্রে তাপমাত্রাকে 25 °C এবং চাপকে 1 atm বা 1.01 bar ধরা হয়। SATP তে গ্যাসের মোলার আয়তন 24.789 $dm^3\ mol^{-1}$ বা, 24.784 $L\ mol^{-1}$।

উদাহরণ ১ : 37 °C তাপমাত্রা ও 102.25 kPa চাপে কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন 500 cm^3। STP তে এর আয়তন নির্ণয় কর।

সমাধান : বয়েল ও চার্লসের সূত্রের সমন্বয় হতে আমরা পাই,

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_1V_1}{T_1}$$

$$\therefore \quad V = \frac{P_1V_1T}{PT_1}$$

$$\therefore \quad V = \frac{102.25 \times 500 \times 273}{101.325 \times 310} = 444.3423 \text{ cm}^3$$

সুতরাং STP তে গ্যাসের আয়তন 444.3423 cm^3.

এখানে, P = STP তে চাপ = 101.325 kPa

T = STP তে তাপমাত্রা = 273 K

V_1 = গ্যাসের প্রাথমিক আয়তন = 500 cm^3

P_1 = প্রাথমিক চাপ = 102.25 kPa

T_1 = প্রাথমিক তাপমাত্রা = (37 + 273)K = 310 K

V = STP তে গ্যাসের আয়তন = ?

উদাহরণ ২ : 30 °C তাপমাত্রায় 1.015 atm চাপে 850 cm^3 অক্সিজেন গ্যাসকে পানির উপরিতলে সংগ্রহ করা হলো। প্রমাণ অবস্থায় এর আয়তন ও ভর গণনা কর। (30 °C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ 2.95 kPa).

সমাধান : বয়েল ও চার্লসের সমন্বয় সূত্র হতে আমরা পাই,

$$\frac{PV}{T} = \frac{(P_1 - P_f)V_1}{T_1}$$

$$\therefore \quad V = \frac{(P_1 - P_f)V_1T}{PT_1}$$

$$V = \frac{(1.015 \times 101.325 - 2.95) \times 850 \times 273}{101.325 \times 303}$$

$$= 755.0323 \text{ cm}^3.$$

∴ প্রমাণ অবস্থায় অক্সিজেন গ্যাসের আয়তন 755.0323 cm^3.

এখানে, P = STP তে চাপ = 101.325 kPa

T = STP তে তাপমাত্রা = 273 K

V_1 = সংগৃহীত অক্সিজেনের প্রাথমিক আয়তন = 850 cm^3

P_1 = প্রাথমিক চাপ = 1.015 atm = 1.015 × 101.325 kPa

P_f = 30°C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ = 2.95 kPa

T_1 = কেলভিন স্কেলে প্রাথমিক তাপমাত্রা (30 + 273) K = 303 K

V = STP তে অক্সিজেনের আয়তন = ?

প্রমাণ অবস্থায় 22400 cm^3 অক্সিজেন গ্যাসের ভর 32 g

∴ প্রমাণ অবস্থায় 755.0323 cm^3 অক্সিজেন গাসের ভর = $\frac{32 \times 755.0323}{22400}$ = 1.07862 g (প্রায়)

প্রমাণ অবস্থায় অক্সিজেন গ্যাসের আয়তন 755.0323 cm^3 এবং ভর 1.07862 g (প্রায়)।

নিজে কর – ১.১০ (বয়েল ও চার্লসের সূত্র প্রয়োগ করে) :

১. নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় 101.325 kPa চাপে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন 3.50 dm^3। তাপমাত্রা স্থির রেখে চাপ 2.25 atm এ পরিবর্তন করা হলে গ্যাসের আয়তনের কী পরিবর্তন ঘটবে? **উত্তর :** 1.9444 dm^3 হ্রাস পাবে।

২. 25 °C তাপমাত্রায় 99.95 kPa চাপে কোনো একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন 0.55 m^3. তাপমাত্রা স্থির রেখে উক্ত গ্যাসের আয়তন যদি তুমি 0.625 m^3 করতে চাও তবে তোমাকে গ্যাসটির চাপের কী পরিবর্তন ঘটাতে হবে? **উত্তর :** 11.994 kPa চাপ হ্রাস করতে হবে।

৩. নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে একটি কাচের বলসহ নির্দিষ্ট ভরের অক্সিজেনের আয়তন 200 cm^3। তাপমাত্রা স্থির রেখে চাপ দ্বিগুণ করা হলে কাচের বলসহ গ্যাসের আয়তন হয় 105 cm^3 । কাচের বলের আয়তন নির্ণয় কর। **উত্তর :** 10 cm^3।

৪. একটি গ্যাস সিলিন্ডারে 25 atm চাপে 40 dm^3 H_2 গ্যাস ভর্তি আছে। 4 dm^3 আয়তনবিশিষ্ট কতটি বেলুনকে ঐ গ্যাস দ্বারা ভর্তি করা যাবে, যখন প্রতিটি বেলুনের ভিতর H_2 গ্যাসের চাপ 2 atm হবে? প্রতিটি ক্ষেত্রে গ্যাসের তাপমাত্রা স্থির বলে ধরে নাও। **উত্তর :** 125 টি বেলুন।

৫. একটি পাত্র 1.6 atm চাপ সহ্য করতে পারে। 24 °C তাপমাত্রা ও 103.99 kPa চাপে H_2 গ্যাস দ্বারা পাত্রটি পূর্ণ করার পর তাকে উত্তপ্ত করা হলো। কত তাপমাত্রায় পাত্রটি ফেটে যাবে? **উত্তর :** 190.022 °C তাপমাত্রার উপরে।

৬. কোনো নির্দিষ্ট আয়তনের H_2 গ্যাসকে 19 °C তাপমাত্রা হতে 100 °C তাপমাত্রা পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হলে তার আয়তন তিনগুণ হয়ে যায়। পূর্বের চাপ 101.59 kPa হলে নতুন চাপ নির্ণয় কর। **উত্তর :** 43.2569 kPa.

৭. 27 °C তাপমাত্রা ও 760 mm (Hg) চাপে একটি বেলুনের আয়তন 450 cm^3। বেলুনটিকে 17 °C তাপমাত্রা ও 101.99 kPa চাপে নিয়ে গেলে বেলুনের আয়তনের কী পরিবর্তন ঘটবে? **উত্তর :** 17.8363 cm^3 হ্রাস পাবে।

৮. 26 °C তাপমাত্রায় কিছু পরিমাণ নাইট্রোজেন ও একটি কাচের বলের আয়তন 100 cm^3। তাপমাত্রা ও চাপ দ্বিগুণ করা হলে কাচের বলসহ নাইট্রোজেন গ্যাসের আয়তন দাঁড়ায় 59.3 cm^3। কাচের বলের আয়তন নির্ণয় কর। **উত্তর :** 10.8476 cm^3।

৯. 15 °C তাপমাত্রা ও 1.017 atm চাপে 288 cm^3 H_2 গ্যাসকে পানির অপসারণ প্রক্রিয়ায় সংগ্রহ করা হলো। প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে H_2 গ্যাসের আয়তন ও ভর নির্ণয় কর। (15 °C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ 1.733 kPa)

উত্তর : H_2 গ্যাসের আয়তন 272.9717 cm^3 এবং ভর 2.437×10^{-2} g।

১০. 20 °C তাপমাত্রা ও 190 kPa চাপে কত আয়তন নাইট্রোজেন প্রমাণ অবস্থায় 1 dm^3 আয়তন দখল করবে? **উত্তর :** 572.358 cm^3

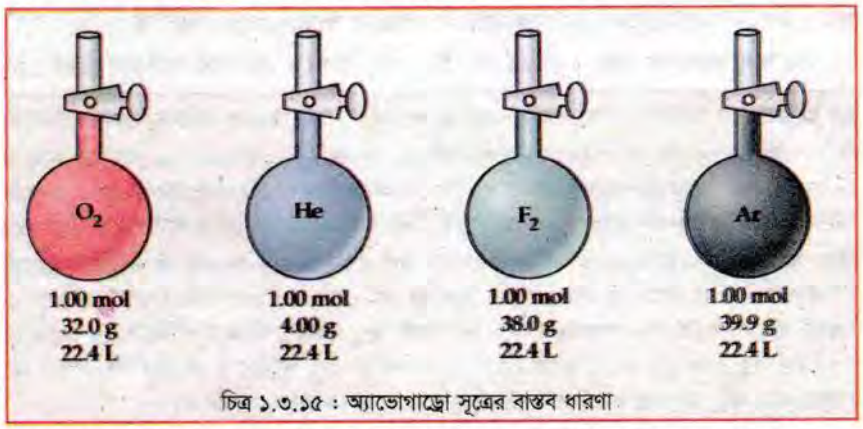
১১. 27 °C তাপমাত্রা ও 765 mm (Hg) চাপে 0.95 g O_2 গ্যাস পানির উপরিতলে সংগ্রহ করা হলো। এ তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ 20 mm (Hg) হলে সংগৃহীত O_2 এর আয়তন নির্ণয় কর। **উত্তর :** 745.9293 cm^3।

১.৩.৩ | অ্যাভোগাড্রো সূত্র (Avogadro's Law)

কোনো পদার্থের পরিমাণকে ভর, আয়তন ও অণুর সংখ্যা মানের মাধ্যমে প্রকাশ করা যায়, এ ধারণাটি সর্বপ্রথম ইটালির পদার্থবিদ অ্যামাদিও অ্যাভোগাড্রো উপলব্ধি করে 1811 খ্রিস্টাব্দে এক যুগান্তকারী সূত্রের উদ্ভাবন করেন। সূত্রটি এরূপ : "স্থির তাপমাত্রা ও চাপে সমআয়তনের মৌলিক বা যৌগিক সকল গ্যাসে সমসংখ্যক অণু বর্তমান থাকে।" বিপরীতভাবে বলা যায়, নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে যে কোনো গ্যাসের সমান সংখ্যক অণু সমআয়তন দখল করে থাকে। এক্ষেত্রে গ্যাসের অণুগুলো ছোট, বড়, সরল, জটিল অথবা যেকোনো জ্যামিতিক আকৃতি বা প্রকৃতিরই হতে পারে।

এ বিবৃতি প্রত্যক্ষ পরীক্ষার মাধ্যমে প্রমাণিত না হওয়ায় একে প্রকল্প বলা হত। প্রকল্প অনুমানভিত্তিক এবং এটি পরীক্ষা দ্বারাও প্রমাণিত নয়। কিন্তু এ প্রকল্পের প্রয়োগ করে যেসব সিদ্ধান্তে আসা যায় তা সবসময়ই সঠিক বলে প্রমাণিত হয়েছে। কোনো সিদ্ধান্তই পরীক্ষালব্ধ মান অপেক্ষা ভিন্ন নয় বলে একে প্রকল্প না বলে সূত্র বলা হয়ে থাকে।

এ সূত্রের সাহায্যে সহজেই প্রমাণ করা যায় যে, একই তাপমাত্রা ও চাপে সকল গ্যাসেরই মোলার আয়তন সমান এবং প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে তা 22.4 L. এটি একেবারে পরীক্ষিত সত্য। কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে যেকোনো গ্যাসের 'n' গ্রাম অণুর আয়তন একই হবে। বিপরীতভাবে একই তাপমাত্রা ও চাপে একই আয়তনের দুই বা ততোধিক গ্যাসে গ্রাম অণুর সংখ্যাও একই থাকে। যদি কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে নির্দিষ্ট কোনো গ্যাসের গ্রাম অণুর পরিমাণ বা সংখ্যা বৃদ্ধি করে দ্বিগুণ করা হয় তবে আয়তনও দ্বিগুণ হবে। তাই বলা যায়, নির্দিষ্ট চাপ ও তাপমাত্রায় কোনো গ্যাসের আয়তন তার ভরের সমানুপাতিক। তবে পদার্থের ভর অবশ্যই গ্রাম অণুতে প্রকাশ করতে হবে।



চিত্র ১.৩.১৫ : অ্যাভোগাড্রো সূত্রের বাস্তব ধারণা

অ্যাভোগাড্রো সূত্রানুসারে একটি গ্যাসের আয়তন 'V' এবং মোল সংখ্যা 'n' হলে স্থির তাপমাত্রা ও চাপে–

$V \propto n$. (যখন তাপমাত্রা ও চাপ স্থির)

$V = Kn$. এটিই অ্যাভোগাড্রো সূত্র নামে পরিচিত।

অ্যাভোগাড্রো সূত্রানুসারে একই তাপমাত্রা ও চাপে সমআয়তনের সকল গ্যাসে সমান সংখ্যক অণু থাকে। আবার একই তাপমাত্রা ও চাপে সকল গ্যাসের মোলার আয়তন সমান। প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে এ মান 22·4 L. অর্থাৎ সকল গ্যাসের এক গ্রাম-অণুর আয়তন প্রমাণ অবস্থায় 22.4 L. অ্যাভোগাড্রো বিভিন্ন পরীক্ষার পর সিদ্ধান্তে উপনীত হন যে, এক গ্রাম-অণু বা এক গ্রাম-পরমাণু বা এক গ্রাম-আয়নের মধ্যে যথাক্রমে বর্তমান অণু, পরমাণু বা আয়নের সংখ্যা ধ্রুব। এ সংখ্যাকে **অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা** বলা হয়। বিজ্ঞানী মিলিকান (Milikan) এ ধ্রুবক সংখ্যাটির মান নির্ণয় করেন। একে 'N' দ্বারা প্রকাশ করা হয় এবং এ মান 6.023×10^{23} টি।

1984 সালের IUPAC সুপারিশ অনুযায়ী অ্যাভোগাড্রো সংখ্যার আধুনিক সংজ্ঞা নির্ধারণ করা হয়। এ সংজ্ঞা অনুযায়ী কার্বনের C^{12} আইসোটোপটির 12 গ্রামে যত সংখ্যক কার্বন পরমাণু থাকে ঐ সংখ্যাকে অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা বলে। এক্ষেত্রেও নির্ধারিত অ্যাভোগাড্রো সংখ্যার মান, $N = 6.023 \times 10^{23}$।

অ্যাভোগাড্রো ধ্রুবক (Avogadro's constant) : অ্যাভোগাড্রো ধ্রুবকটি হলো অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা মোল $^{-1}$ বা 6.023×10^{23} মোল $^{-1}$। এটি একটি সর্বজনীন ধ্রুবক। কারণ যে কোনো মৌলিক পদার্থের ভৌত অবস্থা কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় যাই হোক না কেন 1 গ্রাম-পরমাণুতে অ্যাভোগাড্রো সংখ্যক পরমাণু থাকে। যে কোনো মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের ভৌত অবস্থা কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় যাই হোক না কেন 1 গ্রাম-অণুতে অ্যাভোগাড্রো সংখ্যক অণু থাকে। যেকোনো এক গ্রাম-আয়নে অ্যাভোগাড্রো সংখ্যক আয়ন থাকে। STP তে যেকোনো গ্যাসের 22.4 লিটার আয়তনে অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যক অণু থাকে। এসবের প্রতিটি ক্ষেত্রে অ্যাভোড্রো সংখ্যার মান একই এবং অভিন্ন মান 6.023×10^{23}। সুতরাং অ্যাভোগাড্রো সংখ্যাটি একটি সর্বজনীন ধ্রুবক রাশি।

এ ধ্রুবকের একক মোল $^{-1}$, কিন্তু অ্যাভোগাড্রো সংখ্যার কোনো একক নেই।

উদাহরণস্বরূপ : আণবিক ভরের ক্ষেত্রে :

2 g হাইড্রোজেনের মধ্যে অণুর সংখ্যা 6.023×10^{23} টি, 32 g অক্সিজেনের মধ্যে অণুর সংখ্যা 6.023×10^{23} টি

18 g পানির মধ্যে অণুর সংখ্যা 6.023×10^{23} টি, 44 g CO_2 এর মধ্যে অণুর সংখ্যা 6.023×10^{23} টি

পারমাণবিক ভরের ক্ষেত্রে :

1 g হাইড্রোজেনের মধ্যে পরমাণুর সংখ্যা 6.023×10^{23} টি, 16 g অক্সিজেনের মধ্যে পরমাণুর সংখ্যা 6.023×10^{23} টি

12 g কার্বনের মধ্যে পরমাণুর সংখ্যা 6.023×10^{23} টি, 55.85 g লোহার মধ্যে পরমাণুর সংখ্যা 6.023×10^{23} টি

আয়নের ক্ষেত্রে : এক মোল হাইড্রোজেন আয়নের মধ্যে H^+ আয়নের সংখ্যা 6.023×10^{23} টি

এক মোল Na^+ এর মধ্যে আয়নের সংখ্যা 6.023×10^{23} টি; এক মোল Cl^- এর মধ্যে আয়নের সংখ্যা 6.023×10^{23} টি

মনে রাখবে : SI পদ্ধতিতে পদার্থের পরিমাপের একক 'মোল'। SI পদ্ধতিতে মোলের সংজ্ঞাকে এভাবে উপস্থাপন করা হয়েছে– কোনো পদার্থের যে পরিমাণে উপাদান কণিকার সংখ্যা C^{12} এর 0.012 kg পরিমাণে থাকা কার্বন পরমাণুর সংখ্যার সমান হয়, ঐ পরিমাণকে ঐ পদার্থের এক মোল বলে। এক্ষেত্রে পদার্থের উপাদান কণিকা বলতে পদার্থের অণু, পরমাণু, আয়ন ইত্যাদিকে বোঝায়। প্রকৃতপক্ষে 0.012 kg অর্থাৎ 12g C^{12} এর মধ্যে 6.023×10^{23} সংখ্যক কার্বন পরমাণু বর্তমান। এ শর্তে পদার্থের পরিমাপের একক মোলের সংজ্ঞাকে এভাবে উপস্থাপন করা যায়– কোনো পদার্থের যে পরিমাণে অ্যাভোগাড্রো সংখ্যক, 6.023×10^{23} উপাদান কণিকা থাকে সে পরিমাণকে ঐ পদার্থের এক মোল বলা হয়। মোল শব্দটি সব কণার ক্ষেত্রেই প্রযোজ্য বিধায় মোল শব্দটি ব্যবহার করার সময় পদার্থের উপাদান কণা অর্থাৎ অণু, পরমাণু, আয়ন ইত্যাদির উল্লেখ করতে হয়।
সাধারণভাবে 1 মোল অণু, পরমাণু বা আয়ন বলতে 6.023×10^{23} সংখ্যক অণু, পরমাণু বা আয়নের ভর বোঝায় যাকে গ্রামে প্রকাশ করলে অণুর ক্ষেত্রে গ্রাম-অণু, পরমাণুর ক্ষেত্রে গ্রাম-পরমাণু এবং আয়নের ক্ষেত্রে গ্রাম-আয়ন হয়।

গ্রাম-পরমাণু : কোনো মৌলের পারমাণবিক ভরকে গ্রাম এককে প্রকাশ করলে যত গ্রাম হয়, তত গ্রাম ভরের মৌলকে ঐ মৌলের এক গ্রাম-পরমাণু বলা হয়। যেমন– এক গ্রাম-পরমাণু কার্বন বলতে 12 g কার্বন, এক গ্রাম-পরমাণু নাইট্রোজেন বলতে 14 g নাইট্রোজেন এবং এক গ্রাম-পরমাণু অক্সিজেন বলতে 16 g অক্সিজেনকে বোঝায়।

গ্রাম-অণু বা গ্রাম-মোল : কোনো মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের আণবিক ভরকে গ্রাম এককে প্রকাশ করলে যত গ্রাম হয়, তত গ্রাম ভরের পদার্থকে ঐ পদার্থের এক গ্রাম-অণু বা এক গ্রাম-মোল বলা হয়। যেমন– এক গ্রাম-অণু বা এক গ্রাম-মোল অক্সিজেন বলতে 32 g অক্সিজেন, এক গ্রাম-অণু বা এক গ্রাম-মোল পানি বলতে 18 g পানিকে বোঝায়।

গ্রাম-পরমাণুর সংখ্যা : কোনো মৌলের গ্রামে প্রকাশিত নির্দিষ্ট পরিমাণ ভরকে গ্রাম-পারমাণবিক ভর দ্বারা ভাগ করলে যে সংখ্যা পাওয়া যায়, তাকে ঐ পরিমাণ মৌলে উপস্থিত গ্রাম-পরমাণুর সংখ্যা বলা হয়।

$$\text{মৌলের গ্রাম-পরমাণুর সংখ্যা} = \frac{\text{গ্রামে প্রকাশিত মৌলের ভর}}{\text{মৌলের গ্রাম-পারমাণবিক ভর}}$$

উদাহরণস্বরূপ, 28 g নাইট্রোজেনের মধ্যে এর গ্রাম-পরমাণুর সংখ্যা $= \frac{28\ g}{14\ g} = 2$

48 g অক্সিজেনের মধ্যে এর গ্রাম-পরমাণুর সংখ্যা $= \frac{48\ g}{16\ g} = 3$

গ্রাম-অণুর সংখ্যা : কোনো পদার্থের গ্রামে প্রকাশিত নির্দিষ্ট পরিমাণ ভরকে গ্রাম-আণবিক ওজন দ্বারা ভাগ করলে যে সংখ্যা পাওয়া যায়, তাকে বলা হয় ঐ পরিমাণ পদার্থে উপস্থিত গ্রাম-অণুর সংখ্যা।

$$\text{পদার্থের গ্রাম-অণুর সংখ্যা} = \frac{\text{পদার্থের গ্রামে প্রকাশিত ভর}}{\text{পদার্থের গ্রাম আণবিক ভর}}$$

উদাহরণস্বরূপ, 110 g কার্বন ডাইঅক্সাইডে, CO_2 এর গ্রাম-অণুর সংখ্যা $= \frac{110\ g}{44\ g} = 2.5$

63 g পানিতে, H_2O এর গ্রাম-অণুর সংখ্যা $= \frac{63\ g}{18\ g} = 3.5$

মনে রাখবে : এমন অনেক পদার্থ আছে, যাদের অণুর পৃথক কোনো অস্তিত্ব নেই। যেমন– সোডিয়াম ক্লোরাইডকে NaCl সংকেতের সাহায্যে প্রকাশ করা হয়, কিন্তু এ যৌগের অণুর পৃথক কোনো অস্তিত্ব নেই। NaCl কেলাসে Na^+ ও Cl^- আয়নগুলো সংঘবদ্ধ অবস্থায় থাকে। একটি Na^+ আয়ন ছয়টি Cl^- আয়ন দ্বারা এবং একটি Cl^- আয়ন ছয়টি Na^+ আয়ন দ্বারা পরিবেষ্টিত থাকে। ফলে NaCl কেলাসে অণু বলে কিছু থাকে না। তাই "সোডিয়াম ক্লোরাইডের আণবিক ভর 58.5" – এ উক্তিটি সঠিক নয়। প্রকৃতপক্ষে এ মান সোডিয়াম ক্লোরাইডের সংকেত ভর। বাস্তব অর্থে অনেক আয়নিক যৌগের ক্ষেত্রে একই কথা প্রযোজ্য। যেসব অণুর প্রকৃত অস্তিত্ব আছে কেবলমাত্র যেসব যৌগের ক্ষেত্রে 'আণবিক ভর' শব্দটি প্রযোজ্য।

অ্যাভোগাড্রো সংখ্যার মান নির্ণয় পদ্ধতি : লঘু H_2SO_4 যুক্ত পানিতে অ্যানোড ও ক্যাথোডে তড়িৎদ্বার ব্যবহার করে তড়িৎ বিশ্লেষণ করলে ক্যাথোড তড়িৎদ্বারে H_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$2H_2O \rightleftharpoons 2H^+ + 2OH^-$

ক্যাথোড তড়িৎদ্বারের বিক্রিয়া : $2H^+ + 2e \longrightarrow H_2(g)$

অ্যানোড তড়িৎদ্বারের বিক্রিয়া : $2OH^- - 2e \longrightarrow H_2O + \frac{1}{2}O_2(g)$

এ বিক্রিয়া থেকে দেখা যায় 2 মোল ইলেকট্রন যে আধান পরিবাহিত করে তা 1 মোল বা 2.016 g হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে।

1 মোল ইলেকট্রন কর্তৃক পরিবাহিত আধান 96500 C

∴ 2 " " " " " $2 \times 96500 = 193000$ C

2.016 g হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করতে প্রয়োজনীয় তড়িৎ 193000 C

আবার, একটি ইলেকট্রন যে আধান পরিবাহিত করে তার মান 1.602×10^{-19} C.

∴ এক মোলে যদি ইলেকট্রন সংখ্যা N হয় তবে 2 মোলে ইলেকট্রন সংখ্যা 2N এবং 2N সংখ্যক ইলেকট্রন যে আধান পরিবাহিত করে তার মান $2N \times 1.602 \times 10^{-9}$ C

∴ $2N \times 1.602 \times 10^{-19} = 193000$

∴ $N = \frac{193000}{2 \times 1.602 \times 10^{-19}} = 6.02372 \times 10^{23}$

∴ অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা $N = 6.023 \times 10^{23}$ ।

মনে রাখবে :

১. আণবিক ভর = 2 × বাষ্প ঘনত্ব = STP তে 22·4 L = STP তে 22400 cm^3 = এক মোল = এক গ্রাম-অণু = 6.023×10^{23} টি অণু.

২. পারমাণবিক ভর = এক গ্রাম-পরমাণু = 6.023×10^{23} টি পরমাণু।

৩. তাপমাত্রা ও চাপের পরিবর্তনের ফলে গ্যাসের আয়তনের পরিবর্তন ঘটে কিন্তু গ্যাসের মোল সংখ্যা, ভর সংখ্যা বা অণুর সংখ্যার কোনো পরিবর্তন ঘটে না।

৪. মোল সংখ্যা $= \frac{\text{মোট পরিমাণ}}{\text{আণবিক ভর}}$, ৫. একটি পরমাণুর ভর $= \frac{\text{গ্রাম পারমাণবিক ভর}}{\text{অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা}}$ ৬. 1 টি অণুর প্রকৃত ভর $= \frac{\text{পদার্থের গ্রাম আণবিক ভর}}{\text{অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা}}$

৭. মৌলের যত গ্রাম ভরে 6.023×10^{23} সংখ্যক পরমাণু থাকে, সে ভর প্রকাশের সংখ্যাটিকে ঐ মৌলের পারমাণবিক ভর বলে।

৮. এক মোল অণুতে অণুর সংখ্যা = এক মোল পরমাণুতে পরমাণুর সংখ্যা = এক মোল আয়নে আয়নের সংখ্যা = এক মোল মূলকে মূলকের সংখ্যা = 6.023×10^{23} টি।

৯. অবশ্যই মনে রাখবে অ্যাভোগাড্রো সূত্র শুধু গ্যাসের ক্ষেত্রেই প্রযোজ্য। কঠিন বা তরলের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য নয়।

১০. পরমাণুর প্রকৃত ভর ব্যবহার না করে পারমাণবিক ভর ব্যবহার করা হয়। কারণ পরমাণুর প্রকৃত ভর অত্যন্ত ক্ষুদ্র, যার মান 1.0×10^{-24} g এর মতো। এত ক্ষুদ্র পরিমাণ ভগ্নাংশ ভর ব্যবহার না করে পারমাণবিক ভর ব্যবহার করাই শ্রেয়। যেখানে এর মান সাধারণভাবে 1 থেকে উচ্চতর যে কোনো মান হতে পারে।

উদাহরণ ১ : একটি কার্বন পরমাণুর ভর নির্ণয় কর। (C = 12)

সমাধান : কার্বনের পারমাণবিক ভর = 12

∴ কার্বনের গ্রাম পারমাণবিক ভর = 12 g কার্বন = 6.023×10^{23} টি কার্বন পরমাণু

6.023×10^{23} টি কার্বন পরমাণুর ভর 12 g

1টি কার্বন পরমাণুর ভর $= \frac{12}{6.023 \times 10^{23}} = 1.9923626 \times 10^{-23}$ g

∴ একটি কার্বন পরমাণুর ভর $1.9923626 \times 10^{-23}$ g.

উদাহরণ ২ : 0.1 মোল CH_4 এর মধ্যে কতটি ইলেকট্রন বর্তমান?

সমাধান : CH_4 এর গ্রাম আণবিক ভর 16 g mol^{-1}

∴ 1 মোল CH_4 এর মধ্যে অণুর সংখ্যা 6.023×10^{23} টি

∴ 0.1 " " " " " " $= 6.023 \times 10^{22}$ টি

এখন এক অণু CH_4 এর মধ্যে ইলেকট্রন সংখ্যা 10টি

∴ 0.1 মোল CH_4 এর মধ্যে ইলেকট্রন সংখ্যা $= 6.023 \times 10^{22} \times 10 = 6.023 \times 10^{23}$ টি।

উদাহরণ ৩ : কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে 12.5 g H_2S গ্যাসের আয়তন 8.235 dm^3। ঐ একই তাপমাত্রা ও চাপে 12.5 g CO_2 গ্যাসের আয়তন নির্ণয় কর।

সমাধান : H_2S গ্যাসের গ্রাম আণবিক ভর = 34 g mol^{-1}

∴ 34 g H_2S গ্যাস = 1 mol H_2S

∴ 12.5 g H_2S গ্যাস $= \frac{12.5}{34} = 0.367647$ mol H_2S

CO_2 গ্যাসের গ্রাম আণবিক ভর = 44 g mol^{-1}

∴ 44 g CO_2 গ্যাস = 1 mol CO_2

∴ 12.5 g CO_2 গ্যাস $= \frac{12.5}{44} = 0.2840909$ mol CO_2

অ্যাভোগাড্রো সূত্রানুসারে, একই তাপমাত্রা ও চাপে সকল গ্যাসের মোলার আয়তন সমান।

∴ একই তাপমাত্রায় 1 mol H_2S এর আয়তন = 1 mol CO_2 এর আয়তন।

∴ 0.367647 mol CO_2 এর আয়তন 8.235 dm^3

∴ 0.2840909 mol CO_2 এর আয়তন $= \frac{8.235 \times 0.2840909}{0.367647} = 6.36341\ dm^3$

অতএব, CO_2 গ্যাসের আয়তন 6.36341 dm^3।

নিজে কর – ১.১১ :

১. **নির্ণয় কর :** (ক) একটি পানির অণুর ভর, (খ) একটি অক্সিজেন পরমাণুর ভর, (গ) STP তে 500 cm^3 CO_2 এর ভর, (ঘ) 25 °C তাপমাত্রা ও 99.95 kPa চাপে 4.5 dm^3 N_2 এর ভর।
উত্তর : (ক) $2.9885439 \times 10^{-23}$ g, (খ) $2.6564848348 \times 10^{-23}$ g, (গ) 0.982142857 g, (ঘ) 5.080159 g।

২. 27 °C উষ্ণতা ও 99.99 kPa চাপে 10 dm^3 CO_2 গ্যাসের মোল সংখ্যা, অণুর সংখ্যা ও অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা নির্ণয় কর। **উত্তর :** 0.403348582 mol, 2.4293658×10^{23} টি অণু, 4.858737×10^{23} টি পরমাণু।

৩. 27 °C উষ্ণতা ও 99.99 kPa চাপে 0.5 dm^3 হাইড্রোকার্বনের ভর 0.52087 g. এর আণবিক ভর কত? **উত্তর :** 26 g।

৪. একটি গ্যাসের বাষ্পঘনত্ব 22। 27 °C উষ্ণতা ও 98.95 kPa চাপে 1 dm^3 ঐ গ্যাসের ভর কত? **উত্তর :** 1.744566 g।

৫. 27 °C উষ্ণতা ও 92.95 kPa চাপে 200 cm^3 গ্যাসের ভর 0.25 g. STP তে 0.75 g গ্যাসের আয়তন কত? **উত্তর :** 500.573 cm^3।

৬. 27 °C উষ্ণতা ও 1 atm চাপে একটি পাত্রে 12 g CO_2 রক্ষিত আছে। পাত্রটিকে 30 °C উষ্ণতায় উন্নীত করায় কিছু পরিমাণ গ্যাস বের হলো, ফলে চাপ অপরিবর্তিত ছিল। বেরিয়ে যাওয়া গ্যাসের মধ্যে CO_2 এর মোল সংখ্যা এবং অক্সিজেনের পরমাণুর সংখ্যা নির্ণয় কর। **উত্তর :** $2.700270027 \times 10^{-3}$ মোল CO_2, 3.2527452×10^{21} টি অক্সিজেন পরমাণু।

৭. পানি পূর্ণ একটি পাত্র প্রতি ঘণ্টায় 150 mg ভর হারায়। প্রতি সেকেন্ডে পাত্রটি থেকে কতটি জলীয় বাষ্পের অণুর সৃষ্টি হয়? **উত্তর :** 1.3942×10^{18} টি।

৮. STP তে 6 dm^3 গ্যাসের ভর 8.5714 g. 27°C উষ্ণতায় ও 1 atm চাপে 500 cm^3 গ্যাসের ভর কত? **উত্তর :** 0.6496 g।

৯. কোনো নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও চাপে 4.2 gm NH_3 6.5 L আয়তন দখল করে। ঐ একই উষ্ণতা ও চাপে 1.25×10^{23} অণু CO_2 এর আয়তন কত? **উত্তর :** 5.460219 L।

১০. কোন নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে 4.25 g NH_3 গ্যাসের আয়তন 5.275 dm^3। ঐ একই অবস্থায় 5.5 g CO_2 গ্যাসের আয়তন নির্ণয় কর। **উত্তর :** 2.6375 dm^3।

১১. 25 °C তাপমাত্রা ও 1 atm চাপে প্রতিটি 1L আয়তনের A, B ও C তিনটি পৃথক পাত্রে H_2, N_2 ও O_2 গ্যাস ভর্তি আছে। কোন পাত্রে সবচেয়ে বেশি সংখ্যক অণু বর্তমান? কোন পাত্রের গ্যাসের ঘনত্ব সবচেয়ে বেশি? A পাত্রের গ্যাসের তাপমাত্রা স্থির রেখে B পাত্রটিকে – 5 °C ও C পাত্রটিকে 45°C এ উন্নিত করলে পাত্রের চাপের কী পরিবর্তন ঘটবে?

১২. একটি পানির পাত্র হতে প্রতি ঘণ্টায় 250 mg পানি জলীয় বাষ্পে পরিণত হয়। প্রতি সেকেন্ডে পাত্রটি থেকে কতটি জলীয় বাষ্পের অণুর সৃষ্টি হয়? **উত্তর :** 2.323689×10^{18} টি।

১৩. 27 °C তাপমাত্রা ও 1.15 atm চাপে 400 cm^3 আয়তনের একটি দ্বিপরমাণুক গ্যাসের ভর 37.45 mg। এর একটি অণুর ভর নির্ণয় কর। **উত্তর :** 3.3206×10^{-24}g।

১৪. 0 °C তাপমাত্রা ও 1.75 atm চাপে 175 cm^3 আয়তনের একটি দ্বিপরমাণুক গ্যাসের ভর 0.5 g এর একটি পরমাণুর ভর নির্ণয় কর। **উত্তর :** 2.656×10^{-23} g।

১৫. এক মিলিমোল কার্বন ডাইঅক্সাইড এর ভর কত? এর মধ্যে উহার অণুর সংখ্যাই বা কত? **উত্তর :** ভর 44×10^{-3}g , অণুর সংখ্যা 6.023×10^{20} টি।

১৬. 25 °C তাপমাত্রা ও 1.75 atm চাপে 500 cm^3 একটি দ্বিপরমাণুক গ্যাসের ভর 1.145 g. গ্যাসের একটি পরমাণুর ভর কত গ্রাম? **উত্তর :** 2.656×10^{-23} g।

১৭. পৃথিবীর জনসংখ্যা 700 কোটি ধরে নিলে, এদের প্রত্যেকে প্রতি সেকেন্ডে একটি করে কার্বন পরমাণু গণনা করলে 12g কার্বনের পরমাণুর সংখ্যা গণনা করতে কত সময়ের প্রয়োজন? **উত্তর :** $2.39007937 \times 10^{10}$ ঘণ্টা।

১৮. 100 mg CO_2 থেকে 1.6064×10^{13} টি CO_2 অণু অপসারণ করলে কত মোল CO_2 অবশিষ্ট থাকবে? **উত্তর :** 6.12425×10^{-14} mol।

১৯. 15 মিলি মোল অ্যামোনিয়া এর মধ্যে কত সংখ্যক অ্যামোনিয়া অণু ও কতটি হাইড্রোজেন পরমাণু বর্তমান? **উত্তর :** 9.0345×10^{21} টি NH_3 অণু এবং 2.71035×10^{22} টি হাইড্রোজেন পরমাণু বর্তমান।

২০. 2.5×10^{-5} mol $^{23}_{11}Na$ এর মধ্যে কতগুলো নিউট্রন বর্তমান গণনা কর। **উত্তর :** 1.8069×10^{20} টি।

২১. একটি অ্যাসপ্রিন ট্যাবলেট 0.324 g অ্যাসিটাইল স্যালিসাইলিক এসিড ($C_9H_8O_4$) বর্তমান থাকলে, যে ব্যক্তি প্রতিদিন 2টি করে অ্যাসপ্রিন গ্রহণ করেন তিনি প্রতিদিন কতটি অণু অ্যাসিটাইল স্যালিসাইলিক এসিড গ্রহণ করেন? **উত্তর :** 2.16×10^{21} টি অণু।

২২. এক কাপ চায়ের মধ্যে এক চামচ (5.0 g) চিনি ($C_{12}H_{22}O_{11}$) যোগ করা হলো। এক কাপ চায়ের মধ্যে কত মোল চিনি বর্তমান? **উত্তর :** 1.4619×10^{-2} mol।

২৩. স্যাকারিন ($C_7H_5NO_3S$) একটি কৃত্রিম মিষ্টিকারক। 1.0 g স্যাকারিনের মধ্যে কত মোল স্যাকারিন ও কতটি কার্বন পরমাণু বর্তমান? **উত্তর :** 5.4645×10^{-3} mol. কার্বন পরমাণুর সংখ্যা = 2.30388×10^{22} টি।

১.৩.৪ | গে-লুসাকের সূত্র (Gay-Lussac's Law)

১.৩.৪.১ : গে-লুসাকের চাপ সূত্র (Gay-Lussac's law of pressure) :

বিজ্ঞানী গে-লুসাক স্থির আয়তনের নির্দিষ্ট ভরের বিভিন্ন গ্যাসের চাপের উপর তাপমাত্রার প্রভাব পরীক্ষা করেন। তাঁর এ পরীক্ষায় ফলাফলের ভিত্তিতে 1802 সালে তিনি গ্যাসের চাপ ও আরোপিত তাপমাত্রার মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন করেন। তিনি প্রস্তাব করেন স্থির আয়তনে প্রতি 1°C তাপমাত্রার বৃদ্ধি বা হ্রাসের ফলে নির্দিষ্ট ভরের কোনো গ্যাসের চাপ, ঐ গ্যাসের 0°C তাপমাত্রায় যে চাপ প্রয়োগ করে তার $\frac{1}{273}$ অংশের যথাক্রমে বৃদ্ধি বা হ্রাস ঘটে।



▶ গে-লুসাক

ফরাসি পদার্থবিদ ও রসায়নবিদ যোসেফ লুইস গে-লুসাক (৬/১২/১৭৭৮ – ৯/৫/১৮৫০) পরীক্ষার মাধ্যমে প্রমাণ করেন যে, দুই ভাগ হাইড্রোজেন এবং একভাগ অক্সিজেনের সমন্বয়ে পানি উৎপন্ন হয়। তিনি গ্যাস সম্পর্কিত দুটি সূত্র আবিষ্কার করেন। এছাড়াও গে-লুসাক অ্যালকোহল-পানির মিশ্রণ নিয়ে কাজ করেন, যা বিভিন্ন দেশে অ্যালকোহলের প্রকৃতি পরিমাপে ব্যবহৃত হয়।

মনে কর, স্থির আয়তনের নির্দিষ্ট ভরের একটি গ্যাসের 0°C, t_1°C, t_2°C, t_3°C ..... তাপমাত্রায় চাপ যথাক্রমে P_0, P_1, P_2, P_3 ..... ইত্যাদি।

∴ গে-লুসাকের মতে, t_1°C তাপমাত্রায় গ্যাসটির চাপ, $P_1 = P_0 + P_0$ এর $\frac{t_1}{273} = P_0 + \frac{P_0 \times t_1}{273}$

$$= P_0\left(1 + \frac{t_1}{273}\right) = P_0\left(\frac{273 + t_1}{273}\right) = \frac{P_0 \times T_1}{273} \text{ ; এখানে, } (273 + t_1)°C = T_1K$$

$$\therefore \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_0}{273} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{(i)}$$

t_2°C তাপমাত্রায় গ্যাসটির চাপ, $P_2 = \left(P_0 + \frac{P_0 t_2}{273}\right) = P_0\left(1 + \frac{t_2}{273}\right) = P_0\left(\frac{273 + t_2}{273}\right) = \frac{P_0 T_2}{273}$; এখানে $(273 + t_2) = T_2$

$$\therefore \frac{P_2}{T_2} = \frac{P_0}{273} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{(ii)}$$

t_3°C তাপমাত্রায় গ্যাসটির চাপ, $P_3 = \left(P_0 + \frac{P_0 t_3}{273}\right) = P_0\left(1 + \frac{t_3}{273}\right) = P_0\left(\frac{273 + t_3}{273}\right) = \frac{P_0 T_3}{273}$; এখানে $(273 + t_3) = T_3$

$$\therefore \frac{P_3}{T_3} = \frac{P_0}{273} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{(iii)}$$

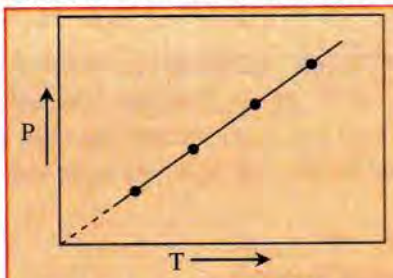
∴ i, ii ও iii নং সমীকরণ হতে লেখা যায়, $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \frac{P_3}{T_3} = \ldots\ldots\ldots\ldots = \frac{P_0}{273} = K$ (ধ্রুবক) ∴ $\frac{P_1}{T_1} = K$

∴ কোনো গ্যাসের চাপ (P) ও আরোপিত পরম তাপমাত্রার মধ্যে সম্পর্ক হলো, $\frac{P}{T} = K$ বা, $P = KT$

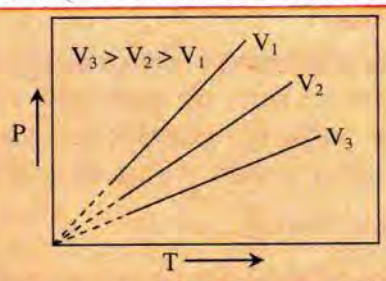
$$\therefore P \propto T \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{(iv)}$$

(এখানে ধ্রুবক K এর মান গ্যাসের ভর ও আয়তনের উপর নির্ভরশীল) তাহলে বলা যায় যে, স্থির আয়তনে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের চাপ, গ্যাসটির উপর আরোপিত পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক।

লেখচিত্রের সাহায্যে গে-লুসাকের চাপ সূত্রের ব্যাখ্যা : গে-লুসাকের চাপ সূত্রের গাণিতিক ব্যাখ্যার সারসংক্ষেপ হলো $P = KT$, যা একটি মূল বিন্দুগামী সরলরেখার সমীকরণ প্রকাশ করে। তাই স্থির আয়তনে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের চাপ (P) কে বিভিন্ন পরম তাপমাত্রায় (T) পরিমাপ করে প্রাপ্ত মানগুলোকে লেখচিত্রে স্থান দিলে মূল বিন্দুগামী সরলরেখা পাওয়া যায়। এক্ষেত্রে X অক্ষ বরাবর T এবং Y অক্ষ বরাবর P স্থাপন কর। এ লেখচিত্রে চিত্র ১.৩.১৬ এর অনুরূপ লেখ পাওয়া যাবে।



চিত্র ১.৩.১৬ : স্থির আয়তনে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের P বনাম T-এর লেখচিত্র



চিত্র ১.৩.১৭ : বিভিন্ন স্থির আয়তনে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের P বনাম T-এর লেখচিত্র

মনে রাখবে : স্থির আয়তনে কোনো গ্যাসের চাপ (P) ও তাপমাত্রা (T) সম্পর্ক যে লেখচিত্রের সাহায্যে প্রকাশ করা হয়, তাকে সম-আয়তনীয় লেখ (isochoric curve) বলা হয়ে থাকে।

একইভাবে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের বিভিন্ন স্থির আয়তনে, চাপ P বনাম তাপমাত্রা T এর লেখচিত্র অঙ্কন করলে লেখচিত্রগুলো প্রত্যেকটিতেই মূল বিন্দুগামী সরলরেখা পাওয়া যায়। কিন্তু দেখা যায় এ সরলরেখাগুলো X অক্ষের সাথে বিভিন্ন কোণে আনত থাকে। আয়তনে নিম্নমানে প্রাপ্ত সরলরেখাগুলো X অক্ষের সাথে বৃহত্তর কোণে আনত থাকে, যা চিত্র ১.৩.১৭-এ দেখানো হলো।

নিজে কর – ১.১২ :

১. একটি গ্যাস ভর্তি বেলুনে 37°C তাপমাত্রা ও 1102 mm (Hg) চাপে 7.5 লিটার H_2 গ্যাস ভর্তি আছে। যদি বেলুনটিকে 45 °C তাপমাত্রায় নিয়ে যাওয়া হয় তাহলে তার আয়তন স্থির রাখার জন্য বেলুনের উপর আর অতিরিক্ত কত চাপ প্রয়োগ করার প্রয়োজন পড়বে? **উত্তর :** 28.4387 mm (Hg)

২. একটি প্রাইভেট কারের CNG সিলিন্ডার 150 atm চাপ সহ্য করতে পারে। 17 °C তাপমাত্রায় সিলিন্ডারের চাপমাপক গেজে 80 atm চাপ দেখা গেল। হঠাৎ গাড়িতে আগুন লেগে গেলে কত তাপমাত্রায় সিলিন্ডারটি বিস্ফোরিত হবে? **উত্তর :** 270.75°C.

১.৩.৪.২ : গে-লুসাক এর আয়তন সংযোগ সূত্র (Gay Lussac's Law of Combining Volumes) :

বিজ্ঞানী হেনরী ক্যাভেন্ডিস (1781) পরীক্ষা করে দেখেন যে, নির্দিষ্ট আয়তনের হাইড্রোজেন সব সময় এর অর্ধেক আয়তন অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া করে পানি উৎপন্ন করে থাকে। 1805 সালে বিজ্ঞানী গে-লুসাকও পরীক্ষার মাধ্যমে দেখতে পান একই তাপমাত্রা ও চাপে দুই আয়তন হাইড্রোজেন সব সময় এক আয়তন অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া করে পানি উৎপন্ন করেছে। তিনি আরো বেশ কিছু পরীক্ষা সম্পন্ন করেন।

1 আয়তন হাইড্রোজেন + 1 আয়তন ক্লোরিন = 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড

$$H_2(g) + Cl_2(g) = 2HCl(g)$$

1 আয়তন নাইট্রোজেন + 3 আয়তন হাইড্রোজেন = 2 আয়তন অ্যামোনিয়া

$$N_2(g) + 3H_2(g) = 2NH_3(g)$$

বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক ও উৎপাদ এর মধ্যকার আয়তনের সম্পর্কের উপর ভিত্তি করে 1808 খ্রিস্টাব্দে গে-লুসাক প্রস্তাব করেন – "কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী গ্যাসের আয়তন এবং উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন সব সময় একটি পূর্ণ সংখ্যার অনুপাত হবে।"

এটিই গে-লুসাকের আয়তন সংযোগ সূত্র নামে পরিচিত। তবে মনে রাখবে এ সূত্রটি শুধু পদার্থের গ্যাসীয় অবস্থার ক্ষেত্রে প্রযোজ্য, কঠিন বা তরল অবস্থার ক্ষেত্রের প্রযোজ্য নয়।

১.৩.৫ | আদর্শ গ্যাস ও বাস্তব গ্যাস (Ideal Gas and Real Gas)

গ্যাস সূত্রসমূহের প্রয়োগ ও সূত্রের মেনে চলার যথার্থতার উপর ভিত্তি করে গ্যাসকে দুভাগে ভাগ করা হয়ে থাকে। যথা– আদর্শ গ্যাস ও বাস্তব গ্যাস।

১.৩.৫.১ : আদর্শ গ্যাস (Ideal Gas) :

যেসব গ্যাস সকল তাপমাত্রায় ও চাপে গ্যাস সূত্রসমূহ যেমন বয়েলের সূত্র, চার্লসের সূত্র, অ্যাভোগাড্রো সূত্র যথাযথভাবে মেনে চলে, তাদের আদর্শ গ্যাস বলা হয়ে থাকে। যদি কখনো কোনো গ্যাস গ্যাসীয় সূত্রসমূহ মেনে চলে, তখন তার আচরণ $PV = nRT$ সমীকরণ দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়। তাত্ত্বিকভাবে সকল আদর্শ গ্যাস $PV = nRT$ সমীকরণ মেনে চলে। একইভাবে স্থির তাপমাত্রায় যেসব গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তি এর আয়তনের উপর নির্ভরশীল নয় তাদেরকেও আদর্শ গ্যাস বলা হয়ে থাকে। অর্থাৎ আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে $\left(\frac{\partial E}{\partial V}\right)_T = 0.$

বাস্তবে উচ্চ চাপ ও নিম্ন তাপমাত্রায় এ সমীকরণটি অধিকাংশ গ্যাসের ক্ষেত্রেই প্রযোজ্য হয় না।

আদর্শ গ্যাসের বৈশিষ্ট্য (Characteristics of Ideal Gas) : আদর্শ গ্যাসে নিম্নোক্ত বৈশিষ্ট্যসমূহ বর্তমান থাকে।

১. স্থির তাপমাত্রায় গ্যাসের চাপ ও আয়তনের গুণফল একটি ধ্রুবক। অর্থাৎ $PV = K$. তাই এক্ষেত্রে যদি স্থির তাপমাত্রায় চাপ বনাম PV এর লেখ অঙ্কন করা যায় তবে তা একটি সরলরেখা হবে।

২. আদর্শ গ্যাস সকল তাপমাত্রা ও চাপে $PV = nRT$ সমীকরণ মেনে চলে।

৩. স্থির তাপমাত্রায় আদর্শ গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তি এর আয়তনের উপর নির্ভরশীল নয়। অর্থাৎ স্থির তাপমাত্রায় আদর্শ গ্যাসের আয়তনের পরিবর্তন হলেও এদের অভ্যন্তরীণ শক্তির কোনো পরিবর্তন ঘটে না। এক্ষেত্রে $\left(\frac{\partial E}{\partial V}\right)_T = 0.$

এখানে E = গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তি, V = গ্যাসের আয়তন এবং T = কেলভিন তাপমাত্রা।

৪. চাপ অপরিবর্তিত রেখে গ্যাসের তাপমাত্রা 0 °C হতে – 273.15 °C কমালে গ্যাসের আয়তন শূন্য হয়।

৫. বাহ্যিক কাজ সম্পাদন না করে প্রসারিত হলে কোনো তাপীয় পরিবর্তন ঘটে না।

৬. আদর্শ গ্যাস অণুগুলোর অভ্যন্তরীণ শক্তি তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল।

৭. আদর্শ গ্যাস অণুগুলোর মধ্যে সংঘর্ষ স্থিতিস্থাপক হয়। এজন্য আন্তঃ সংঘর্ষজনিত কারণে কোনো ধরনের গতিশক্তির ক্ষয় হয় না। গ্যাসের অণুগুলোর গতিশক্তি পরম তাপমাত্রার সমাণুপাতিক।

৮. আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে সংকোচনশীল গুণক, $Z = \frac{PV}{RT} = 1$।

১.৩.৫.২ : আদর্শ গ্যাসের সমীকরণ (Equation of an ideal gas) :

নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন V, চাপ P, উষ্ণতা T এবং গ্রাম-অণুর সংখ্যা n হলে,

বয়েলের সূত্রানুসারে, $V \propto \frac{1}{P}$ (যখন n ও T স্থির);

চার্লসের সূত্রানুসারে, $V \propto T$ (যখন n ও P স্থির)

অ্যাভোগাড্রো সূত্রানুসারে, $V \propto n$ (যখন P ও T স্থির)

$\therefore V \propto \frac{nT}{P}$ (যখন n, T ও P প্রত্যেকেই পরিবর্তিত হয়)

$\therefore V = \frac{nKT}{P}$ (এখানে, K আপেক্ষিক গ্যাস ধ্রুবক)

$\therefore PV = nKT$



চিত্র ১.৩.১৮ : আদর্শ গ্যাসের বাস্তব অবস্থা

প্রকৃত অর্থে এক মোল গ্যাসের ক্ষেত্রে বয়েল ও চার্লসের সূত্রের সমন্বিত রূপটি হলো $PV = KT$। এ সমীকরণে ধ্রুবক K-এর মান গ্যাসের প্রকৃতি ও ভরের উপর নির্ভরশীল। কেননা, নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে যে কোনো গ্যাসের আয়তন তার ভরের উপর নির্ভর করে থাকে। কিন্তু 1 মোল বা 1 গ্রাম-অণু গ্যাসের ক্ষেত্রে K-এর মান যে গ্যাসের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে না তা অ্যাভোগাড্রো সূত্রের সাহায্যে সহজেই প্রমাণ করা যায়। অ্যাভোগাড্রো সূত্রানুসারে, একই তাপমাত্রা ও চাপে সম-আয়তনবিশিষ্ট সব গ্যাসে সমান সংখ্যক অণু থাকে। আবার, 1 মোল যেকোনো গ্যাসের অণুর সংখ্যা সমান। সুতরাং যেকোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে 1 মোল যেকোনো গ্যাসের আয়তন একই থাকবে। তাই 1 মোল যেকোনো গ্যাসের ক্ষেত্রে $\frac{PV}{T}$ এর মান বা K এর মান একই হবে। 1 মোল পরিমাণ যেকোনো গ্যাসের জন্য K এর মানকে R দ্বারা প্রকাশ করা হয়ে থাকে। R- কে মোলার গ্যাস ধ্রুবক বলা হয়। R-এর মান সব গ্যাসের ক্ষেত্রে একই, এ মান গ্যাসের প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল নয়। তাই একে সার্বজনীন গ্যাস ধ্রুবকও বলা হয়। এ কারণে 1 মোল গ্যাসের ক্ষেত্রে $PV = KT$ সমীকরণটিকে $PV = RT$ রূপে প্রকাশ করা হয়ে থাকে। n মোল গ্যাসের ক্ষেত্রে $PV = nRT$. বা, $PV = nRT = \frac{g}{M}RT$

এখানে, g = গ্যাসের মোট পরিমাণ; M = ঐ গ্যাসের আণবিক ভর।

এ সমীকরণটিকে বলা হয় n মোল আদর্শ গ্যাসের অবস্থার সমীকরণ। সমীকরণটি আদর্শ গ্যাস সমীকরণ নামেও পরিচিত। সমীকরণটির একটি উল্লেখযোগ্য বৈশিষ্ট্য হলো, সমীকরণটিতে গ্যাসের প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল কোনো রাশি নেই। তাই সমীকরণটিকে যেকোনো আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রেই প্রয়োগ করা যায় (চিত্র ১.৩.১৮)।

আদর্শ গ্যাস সমীকরণের প্রযোজ্যতা (Validity of ideal gas equation) :

'n' মোল আদর্শ গ্যাসের অবস্থার সমীকরণ হলো, $PV = nRT$ যেহেতু R ধ্রুবক এবং যদি গ্যাসের চাপ (P) ও গ্যাসের পরিমাণ (n) নির্দিষ্ট থাকে, তবে গ্যাসের অবস্থার সমীকরণ থেকে দেখা যায় $V \propto T$.

যদি গ্যাসের পরম তাপমাত্রা (T) শূন্য হয়, অর্থাৎ $T = 0$ K হয়, তবেই একমাত্র $V = 0$ হবে।

আবার, যদি গ্যাসের পরম তাপমাত্রা (T) ও পরিমাণ (n) নির্দিষ্ট থাকে, তবে গ্যাসের অবস্থার সমীকরণ হতে লেখা যায়, $V \propto \frac{1}{P}$. যদি গ্যাসের উপর আরোপিত চাপ (P) অসীম হয় অর্থাৎ $P \to \infty$ হয়, তবে $V = 0$ হবে। বাস্তবে কোনো গ্যাসেরই অসীম চাপে বা 0 K তাপমাত্রায় আয়তন শূন্য হয় না। চাপ দিয়ে রেখে গ্যাসকে শীতল করলে গ্যাসের আয়তন কমতে থাকে এবং একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় গ্যাস তরলে পরিণত হয়। এ তাপমাত্রাকে **সন্ধি তাপমাত্রা** বলে। CO_2 গ্যাসের ক্ষেত্রে এ মান 31.1 °C, H_2 ক্ষেত্রে – 239.65 °C, He এর ক্ষেত্রে – 267.65 °C, O_2 এর ক্ষেত্রে – 118.80 °C এবং N_2 এর ক্ষেত্রে – 147.1°C। একইভাবে তাপমাত্রা স্থির রেখে গ্যাসের উপর আরোপিত চাপ বাড়াতে থাকলে গ্যাসের আয়তন কমতে থাকে এবং একটি নির্দিষ্ট চাপে গ্যাস তরলে পরিণত হয়। তাই গাণিতিকভাবে প্রতীয়মান হয় আদর্শ গ্যাসের সমীকরণে খুব উচ্চচাপ ও নিম্ন তাপমাত্রায় গ্যাসের ধর্মাবলি ব্যাখ্যা করতে পারে না। পরীক্ষার মাধ্যমে দেখা গেছে, সাধারণ গ্যাসগুলো নিম্নচাপ ও উচ্চ তাপমাত্রায় আদর্শ গ্যাসের সমীকরণ মেনে চলে এবং এ সমীকরণের সাহায্যে গ্যাসের বিভিন্ন ধর্মাবলি ব্যাখ্যা করা যায়। তবে আদর্শ গ্যাস সমীকরণের সীমাবদ্ধতা থাকা সত্ত্বেও সাধারণ অবস্থায় বাস্তব গ্যাসগুলোর বিভিন্ন ধর্মের আনুমানিক মান নির্ণয়ের ক্ষেত্রে ও সমীকরণ ব্যবহার করা যেতে পারে। গ্যাসগুলোর সঠিক ও সুনির্দিষ্ট মান নির্ণয়ের ক্ষেত্রে এ সমীকরণ কখনোই ব্যবহার করা যাবে না।

আদর্শ গ্যাস সমীকরণের ব্যবহার : আদর্শ গ্যাস সমীকরণ $PV = nRT = \frac{g}{M}RT$ প্রয়োগ করে,

১. গ্যাসের আণবিক ভর, ২. নির্দিষ্ট আয়তনের ভর, ৩. গ্যাসের ঘনত্ব, ৪. মোল সংখ্যা, ৫. বহিষ্কৃত গ্যাসের ভর, ৬. অণুর সংখ্যা প্রভৃতি নির্ণয় করা যায়।

১. আণবিক ভর : আদর্শ গ্যাস সমীকরণ, $PV = nRT = \frac{g}{M}RT$ $\therefore M = \frac{gRT}{PV}$ .....(i)

যদি নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে কোনো নির্দিষ্ট আয়তনের গ্যাসের ভর জানা থাকে তবে সহজেই (i)নং সমীকরণ থেকে গ্যাসের আণবিক ভর নির্ণয় করা যায়। এ সমীকরণ ব্যবহার করে উদ্বায়ী তরলের আণবিক ভরও নির্ণয় করা যায়।

উদাহরণ ১ : 37 °C তাপমাত্রা ও 102·4 kPa চাপে 590 cm^3 আয়তনের কোনো একটি গ্যাসের ভর 0.75 g হলে গ্যাসের আণবিক ভর নির্ণয় কর।

সমাধান : আদর্শ গ্যাস সমীকরণ থেকে আমরা পাই,

$$PV = nRT = \frac{g}{M}RT$$

$$\therefore M = \frac{gRT}{PV}$$

$$\therefore M = \frac{0.75 \times 0.0821 \times 310}{1.0106 \times 0.59}$$

$$= 32.0136 \text{ g mol}^{-1}$$

∴ গ্যাসের আণবিক ভর 32.0136 g mol^{-1}

এখানে, g = গ্যাসের ভর = 0.75 g

R = মোলার গ্যাস ধ্রুবক = 0.0821 L atm $mol^{-1}K^{-1}$

T = (37 + 273) K = 310 K

P = 102.4 kPa = 1.0106 atm

V = গ্যাসের আয়তন = 590 cm^3 = 0.59 L

M = গ্যাসের আণবিক ভর = ?

২. নির্দিষ্ট আয়তনের গ্যাসের ভর : আদর্শ গ্যাস সমীকরণ, $PV = nRT = \frac{g}{M}RT$ $\therefore g = \frac{PVM}{RT}$ .....(ii)

যদি নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে কোনো নির্দিষ্ট গ্যাসের আয়তন জানা থাকে তবে (ii) নং সমীকরণ থেকে গ্যাসের ভর নির্ণয় করা হয়। গ্যাসটি জানা বিধায় এর আণবিক ভর জ্ঞাত।

উদাহরণ ২ : 30 °C তাপমাত্রা ও 765 mm (Hg) চাপে 1115 cm^3 CO_2 গ্যাসের ভর নির্ণয় কর।

সমাধান : আদর্শ গ্যাস সমীকরণ থেকে আমরা পাই,

$$PV = nRT = \frac{g}{M}RT$$

$$\therefore g = \frac{PVM}{RT}$$

$$\therefore g = \frac{765 \times 1.115 \times 44}{0.0821 \times 303 \times 760}$$

$$= 1.9851 \text{ g}$$

∴ পাত্রে CO_2 গ্যাসের ভর 1.9851 g.

এখানে, P = 765 mm (Hg) = $\frac{765}{760}$ atm

V = পাত্রের CO_2-এর আয়তন = 1·115 L

M = CO_2 এর গ্রাম আণবিক ভর = 44 g mol^{-1}

R = 0.0821 L atm mol^{-1} K^{-1}

T = (30 + 273) K = 303 K

g = পাত্রে রক্ষিত CO_2 এর ভর = ?

৩. গ্যাসের ঘনত্ব : আদর্শ গ্যাস সমীকরণ, $PV = nRT = \frac{g}{M}RT$

বা, $gRT = PVM$ $\therefore \frac{g}{V} = \frac{PM}{RT}$ বা, $d = \frac{PM}{RT}$ ..... (iii)

এখানে, d = গ্যাসের ঘনত্ব = $\frac{g}{V} = \frac{\text{ভর}}{\text{আয়তন}}$

যে কোনো জানা গ্যাসের ক্ষেত্রে নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে ঘনত্ব নির্ণয় করা যায়।

উদাহরণ ৩ : একটি পাত্রে 35 °C তাপমাত্রা ও 1.05 atm চাপে কিছু পরিমাণ CO_2 গ্যাস রক্ষিত আছে। পাত্রে গ্যাসের ঘনত্ব নির্ণয় কর।

সমাধান : আদর্শ গ্যাস সমীকরণ থেকে আমরা পাই, $PV = \frac{g}{M}RT$

$\therefore$ $gRT = PVM$ বা, $\frac{g}{V} = \frac{PM}{RT}$ বা, $d = \frac{PM}{RT}$

এখানে, $d = \frac{g}{V} = \frac{\text{গ্যাসের ভর}}{\text{গ্যাসের আয়তন}}$ = গ্যাসের ঘনত্ব

∴ গ্যাসের ঘনত্ব, $d = \frac{PM}{RT}$

$d = \frac{1.05 \times 44}{0.0821 \times 308} = 1.827\ g\ L^{-1}$

∴ পাত্রে গ্যাসের ঘনত্ব $1.827 g\ L^{-1}$

এখানে, P = 1.05 atm
M = CO_2 এর গ্রাম আণবিক ভর = 44 g mol^{-1}
R = মোলার গ্যাস ধ্রুবক = 0.0821 L atm mol^{-1} K^{-1}
T = (35 + 273) K = 308 K
d = CO_2 গ্যাসের ঘনত্ব = ?

৪. মোল সংখ্যা : আদর্শ গ্যাস সমীকরণ, PV = nRT

$$\therefore n = \frac{PV}{RT} \quad \text{.....(iv)}$$

যদি কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে গ্যাসের আয়তন জানা থাকে তবে (iv) নং সমীকরণ থেকে গ্যাসের মোল সংখ্যা নির্ণয় করা যায়।

উদাহরণ ৪ : 32 °C তাপমাত্রা ও 10 atm চাপে 2505 cm^3 আয়তনের একটি পাত্রে O_2 গ্যাস রক্ষিত আছে। ঐ পাত্রে কত মোল অক্সিজেন বর্তমান?

সমাধান : আদর্শ গ্যাস সমীকরণ থেকে আমরা পাই, PV = nRT

∴ $n = \frac{PV}{RT}$

∴ $n = \frac{10 \times 2.505}{0.0821 \times 305}$

= 1.000379 টি

∴ ঐ পাত্রে 1.000379 mol অক্সিজেন বর্তমান।

এখানে, R = 0.0821 L atm mol^{-1} K^{-1}
T = (32 + 273) K = 305 K
P = 10 atm
V = 2505 cm^3 = 2.505 L
n = পাত্রে অক্সিজেনের মোলসংখ্যা = ?

৫. বহিষ্কৃত গ্যাসের ভর : আদর্শ গ্যাস সমীকরণ, $PV = nRT = \frac{g}{M}RT$

তাপমাত্রার বৃদ্ধি ঘটলে গ্যাসের আয়তনের বৃদ্ধি ঘটে। ফলে গ্যাসের চাপেরও বৃদ্ধি ঘটে। গ্যাসের চাপ স্থির রাখতে হলে কিছু পরিমাণ গ্যাসকে পাত্র থেকে অপসারণের প্রয়োজন হয়। সেক্ষেত্রে সমীকরণটি দুটি ভিন্ন তাপমাত্রায়–

$P_1V_1 = \frac{g_1}{M}RT_1$ এবং $P_2V_2 = \frac{g_2}{M}RT_2$

এখন একই পাত্রের কারণে $V_1 = V_2$ এবং স্থির চাপের কারণে $P_1 = P_2$

∴ $P_1V_1 = P_2V_2$ ∴ $\frac{g_1}{M}RT_1 = \frac{g_2}{M}RT_2$

∴ $g_1T_1 = g_2T_2$

$$\therefore g_2 = \frac{g_1T_1}{T_2} \quad \text{.....(v)}$$

(v) নং সমীকরণ থেকে বর্তমানে পাত্রে কী পরিমাণ গ্যাস উপস্থিত আছে তা নির্ণয় করা যায়।

∴ বহিষ্কৃত গ্যাসের ভর $= (g_1 - g_2)$ .....(vi)

(vi) নং সমীকরণ থেকে বহিষ্কৃত গ্যাসের ভর নির্ণয় করা যায়।

উদাহরণ ৫ : 27 °C তাপমাত্রায় একটি পাত্রে 18.5 g O_2 গ্যাসকে নিয়ে 32 °C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হল। কিছু পরিমাণ O_2 গ্যাস বেরিয়ে গেল ফলে গ্যাসের চাপ অপরিবর্তিত ছিল। বেরিয়ে যাওয়া গ্যাসের ভর নির্ণয় কর।

সমাধান : আদর্শ গ্যাস সমীকরণ থেকে আমরা পাই, $P_1V_1 = \frac{g_1}{M}RT_1$ এবং $P_2V_2 = \frac{g_2}{M}RT_2$

এখন একই পাত্রের কারণে $V_1 = V_2$ এবং স্থির চাপের কারণে $P_1 = P_2$

∴ $P_1V_1 = P_2V_2$

∴ $\frac{g_1}{M}RT_1 = \frac{g_2}{M}RT_2$

$\therefore \quad g_2 = \frac{g_1 T_1}{T_2}$

$\therefore \quad g_2 = \frac{18.5 \times 300}{305} = 18.1967 \text{ g}$

$\therefore$ বর্তমানে পাত্রে 18.1967 g O_2 বর্তমান।

$\therefore$ বহিষ্কৃত অক্সিজেনের ভর = (18.5 – 18.1967) g = 0.3033 g

এখানে, g_2 = বর্তমানে পাত্রে O_2 এর ভর = ?
T_1 = প্রাথমিক তাপমাত্রা = (27 + 273) K = 300 K
T_2 = শেষ তাপমাত্রা = (32 + 273) K = 305 K
g_1 = 18.5 g

৬. অণুর সংখ্যা : আদর্শ গ্যাস সমীকরণ, $PV = nRT \quad \therefore n = \frac{PV}{RT}$, এখানে, n = গ্যাসের মোল সংখ্যা।

প্রতি এক মোল গ্যাসের মধ্যে উহার অণুর সংখ্যা 6.023×10^{23} টি। তাই আদর্শ গ্যাস সমীকরণ থেকে গ্যাসের অণুর সংখ্যাও নির্ণয় করা যায়।

১.৩.৫.৩ : R এর ভৌত তাৎপর্য (Physical significance of R) :

n মোল আদর্শ গ্যাসের অবস্থার সমীকরণ, $PV = nRT \quad \therefore R = \frac{PV}{nT}$

R এর ভৌত তাৎপর্য এ রাশির মাত্রা নির্ণয়ের মাধ্যমে জানা যায়।

$$R \text{ এর মাত্রা} = \frac{\text{চাপের মাত্রা} \times \text{আয়তনের মাত্রা}}{\text{মোল সংখ্যা} \times \text{তাপমাত্রার মাত্রা}}$$

এখন, চাপের মাত্রা $= \frac{\text{বলের মাত্রা}}{\text{ক্ষেত্রফলের মাত্রা}} = \frac{\text{বলের মাত্রা}}{(\text{দৈর্ঘ্যের মাত্রা})^2}$ এবং আয়তনের মাত্রা = (দৈর্ঘ্যের মাত্রা)^3

এছাড়া তাপমাত্রাকে প্রধানত কেলভিন এককে (K) প্রকাশ করা হয়।

$$\therefore R \text{ এর মাত্রা} = \frac{\frac{\text{বলের মাত্রা}}{(\text{দৈর্ঘ্যের মাত্রা})^2} \times (\text{দৈর্ঘ্যের মাত্রা})^3}{\text{মোল} \times \text{K}} = \frac{\text{বলের মাত্রা} \times \text{দৈর্ঘ্যের মাত্রা}}{\text{মোল} \times \text{K}} = \frac{\text{কাজ}}{\text{মোল} \times \text{K}}$$

সুতরাং 1 K তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য প্রতি মোল আদর্শ গ্যাস থেকে যে পরিমাণ কাজ বা শক্তি পাওয়া যায়, তার মান R এর সমান। এটিই R এর ভৌত তাৎপর্য।

১.৩.৫.৪ : বিভিন্ন এককে মোলার গ্যাস ধ্রুবক R এর মান (Value of molar gas constant in different units) :

কাজ বা শক্তিকে বিভিন্ন এককে প্রকাশ করা যায়, তাই বিভিন্ন এককে 'R' এর মান বিভিন্ন হয়। অর্থাৎ R ধ্রুবক হলেও এটি শুধুমাত্র সংখ্যা নয়। কাজ বা শক্তির বিভিন্ন এককের উপর R এর মান নির্ভরশীল।

(ক) CGS পদ্ধতিতে 'R' এর মান :

আমরা জানি, $PV = nRT \quad \therefore R = \frac{PV}{nT}$

এখানে P = CGS পদ্ধতিতে প্রমাণ চাপ = 76 cm উচ্চ পারদ স্তম্ভের ওজন = $76 \times 13.6 \times 981$ dyne cm^{-2}

V = CGS পদ্ধতিতে প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 1 মোল গ্যাসের আয়তন = 22400 cm^3.

T = প্রমাণ তাপমাত্রা = 273.16 K. n = 1 mol

$$\therefore R = \frac{76 \times 13.6 \times 981 \text{ dyne cm}^{-2} \times 22400 \text{ cm}^3}{1 \text{ mol} \times 273.16 \text{ K}}$$

$$= 8.314 \times 10^7 \text{ dyne cm mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$= 8.314 \times 10^7 \text{ erg mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

এক্ষেত্রে হিসাবের সঠিক মান নির্ধারণের জন্য প্রমাণ তাপমাত্রাকে 273K এর পরিবর্তে সঠিক মান 273.16K ধরা হয়েছে। এটিই আন্তর্জাতিকভাবে স্বীকৃত মান।

(খ) লিটার বায়ুচাপে 'R' এর মান : এ এককে প্রমাণ চাপ = 1 atm প্রমাণ তাপমাত্রা 273.16 K

প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 1 মোল গ্যাসের আয়তন = 22.4 L এবং n = 1 mol

$$\therefore R = \frac{PV}{nT} = \frac{1\ atm \times 22.4\ L}{1\ mol \times 273\ K} = 0.082\ L\ atm\ mol^{-1}\ K^{-1}$$

(গ) SI এককে 'R' এর মান : এ এককে প্রমাণ চাপ = 1 atm = 101.325 KPa = 101.325×10^3 Pa = 1.01325×10^5 N m^{-2}, প্রমাণ তাপমাত্রা = 273.16 K. প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 1 মোল গ্যাসের আয়তন = 22.4 L = 22.4×10^{-3} m^3 এবং n = 1 mol.

$$\therefore R = \frac{PV}{nT} = \frac{1.01325 \times 10^5\ Nm^{-2} \times 22.4 \times 10^{-3}\ m^3}{1\ mol \times 273.16\ K} = 8.314\ N\ m\ mol^{-1}\ K^{-1} = 8.314\ J\ mol^{-1}\ K^{-1}$$

আমরা জানি, 1 cal = 4.184 J

ক্যালরি এককে R এর মান প্রকাশ করলে $R = \frac{8.314\ J\ mol^{-1}\ K^{-1}}{4.184\ J\ cal^{-1}} = 1.987\ cal\ mol^{-1}K^{-1}$

নিজে কর – ১.১৩ :

১. 35 °C তাপমাত্রা ও 770 mm (Hg) চাপে 405.33 cm^3 আয়তনের কোনো একটি গ্যাসের ভর 0.455 g হলে গ্যাসের আণবিক ভর নির্ণয় কর। **উত্তর :** 28.016।

২. 1.4628 g ভরের একটি অজ্ঞাত গ্যাস 37 °C তাপমাত্রায় যে আয়তন দখল করে, 0.1839 g H_2 গ্যাস একই চাপে এবং 17 °C তাপমাত্রায় একই আয়তন দখল করে। অজ্ঞাত গ্যাসের আণবিক ভর কত? **উত্তর :** 17।

৩. সূর্যের কেন্দ্রে একটি গ্যাসীয় পদার্থ আছে; যার গড় আণবিক ভর 2। গ্যাসটির ঘনত্ব ও চাপ যথাক্রমে 1.3 g mL^{-1} ও 1.95×10^8 atm. সূর্যের তাপমাত্রা নির্ণয় কর। **উত্তর :** 3653807.39 °C।

৪. 37 °C তাপমাত্রা ও 95.95 kPa চাপে 16g অক্সিজেনের আয়তন কত? **উত্তর :** 13.43836 dm^3।

৫. 27 °C তাপমাত্রায় একটি পাত্রে 18.5 g CO_2 গ্যাস রক্ষিত আছে। পাত্রটিকে 37 °C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করায় কিছু পরিমাণ গ্যাস বেরিয়ে গেল, ফলে চাপ অপরিবর্তিত ছিল। বেরিয়ে যাওয়া গ্যাসের মোল সংখ্যা নির্ণয় কর। **উত্তর :** 1.3563×10^{-2} mol CO_2।

৬. 20 °C তাপমাত্রায় ও কোন নির্দিষ্ট চাপে 0.17105 g H_2 যত আয়তন দখল করে ঐ একই চাপে কিন্তু 25 °C তাপমাত্রায় 3.7 g অপর একটি গ্যাস সমআয়তন দখল করে। গ্যাসটির আণবিক ভর নির্ণয় কর। **উত্তর :** 44।

৭. 25 °C তাপমাত্রা ও 95.95 kPa চাপে 0.64 g O_2 এর আয়তন কত? **উত্তর :** 516.726 cm^3।

৮. স্থির চাপে –10 °C তাপমাত্রায় 0.19 g H_2 যে আয়তন দখল করে ঐ একই চাপে 37 °C তাপমাত্রায় 3.5565 g ভরের অপর একটি অজ্ঞাত গ্যাস একই আয়তন দখল করে। অজ্ঞাত গ্যাসটির আণবিক ভর নির্ণয় কর। **উত্তর :** 44.127।

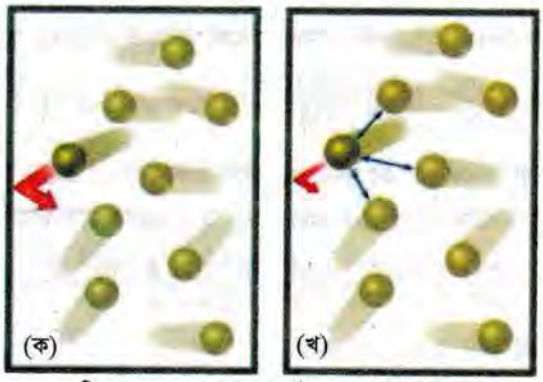
৯. একটি H_2 গ্যাস বেলুন এমনভাবে তৈরি করা হলো যে, এটি স্ট্যাটোস্ফিয়ার মণ্ডলে সর্বোচ্চ উচ্চতায় পৌঁছাতে পারে। এ উচ্চতার বেলুনটির প্রসারণ সর্বোচ্চ হয়। সম্পূর্ণ প্রসারিত অবস্থায় বেলুনটির আয়তন 5.5 dm^3। ঐ উচ্চতায় বায়ুর তাপমাত্রা –20 °C এবং চাপ 1.5mm (Hg) বেলুনটি সম্পূর্ণ প্রসারণে কত গ্রাম H_2 এর প্রয়োজন? **উত্তর :** 1.0432 g।

১০. একটি He গ্যাস বেলুন এমনভাবে তৈরি করা হলো যাতে বেলুনটি 30 km উচ্চতা পর্যন্ত উঠতে পারে। ঐ উচ্চতার বেলুনটির প্রসারণ সর্বোচ্চ। সম্পূর্ণ প্রসারণ অবস্থায় বেলুনটির আয়তন 20 m^3। ঐ উচ্চতায় বায়ুর তাপমাত্রা –2 °C এবং চাপ 150 mm(Hg) হলে বেলুনটির সম্পূর্ণ প্রসারণে কত গ্রাম He এর প্রয়োজন? **উত্তর :** 709.668 g।

১১. 27 °C তাপমাত্রায় একটি খোলা পাত্রকে উত্তপ্ত করা হলো যতক্ষণ না তার ভিতরের বায়ুর $\frac{3}{5}$ অংশ অপসারিত হয়ে যায়। পাত্রের আয়তন স্থির ধরে কত তাপমাত্রায় পাত্রটিকে উত্তপ্ত করা হয়েছিল নির্ণয় কর। **উত্তর :** 477 °C।

১.৩.৫.৫ : বাস্তব গ্যাস (Real Gas) :

যেসব গ্যাস সকল তাপমাত্রা ও চাপে বয়েলের সূত্র, চার্লসের সূত্র, অ্যাভোগাড্রো সূত্র মেনে চলে না এবং যাদের আয়তনের উপর অভ্যন্তরীণ শক্তি নির্ভরশীল তাদেরকে বাস্তব গ্যাস বলা হয়ে থাকে। বাস্তব গ্যাসসমূহ সকল তাপমাত্রা ও চাপে আদর্শ গ্যাস সমীকরণ PV = nRT বা গতিতত্ত্বকে মেনে চলে না। প্রকৃতপক্ষে বায়ুর উপাদান N_2, O_2, H_2, CO_2 প্রভৃতি বাস্তব গ্যাস। চিত্র ১.৩.১৯ এর মাধ্যমে আদর্শ গ্যাস ও বাস্তব গ্যাসের মধ্যে ধারণা দেয়া হলো।



চিত্র ১.৩.১৯ : (ক) আদর্শ গ্যাস ও (খ) বাস্তব

বাস্তব গ্যাসের বৈশিষ্ট্য (Characteristics of Real Gas) :

বাস্তব গ্যাসে নিচের উল্লিখিত বৈশিষ্ট্যসমূহ বর্তমান থাকে—

১. বাস্তব গ্যাসসমূহ যথাযথভাবে আদর্শ গ্যাস সমীকরণ PV = nRT মেনে চলে না।

২. বাস্তব গ্যাসের অণুসমূহের মধ্যে আকর্ষণ বল বা বিকর্ষণ বল বিদ্যমান।

৩. বাস্তব গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তি আয়তনের উপর নির্ভরশীল। অর্থাৎ বাস্তব গ্যাসের ক্ষেত্রে $\left(\frac{\partial E}{\partial V}\right)_T \neq 0$.

৪. নিম্নচাপ যেমন 1 atm বা তার নিচের চাপ এবং উচ্চ তাপমাত্রায় বাস্তব গ্যাসসমূহ মোটামুটিভাবে প্রায় আদর্শ গ্যাসের ন্যায় আচরণ করে থাকে।

৫. বাস্তব গ্যাসের ক্ষেত্রে গ্যাস অণুগুলোর মধ্যকার সংঘর্ষ স্থিতিস্থাপক হয় না। এ কারণে আন্তঃ সংঘর্ষজনিত কারণে তাপের পরিবর্তন ঘটে।

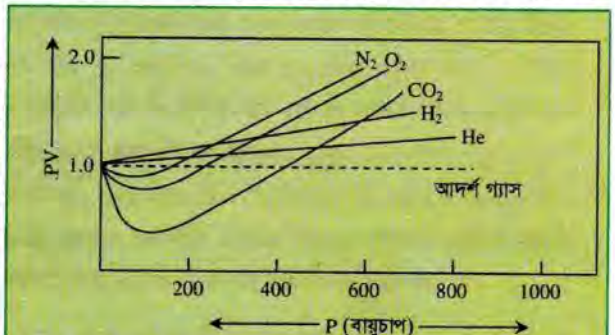
৬. বাস্তব গ্যাসের ক্ষেত্রে সংকোচনশীল গুণক, $Z = \frac{PV}{RT} \neq 1$।

৭. গ্যাস অণুগুলোর মধ্যে পারস্পরিক আকর্ষণ বল কার্যকরী হলেও অতি উচ্চ তাপমাত্রা ও নিম্ন চাপে এরা আদর্শ গ্যাসের মতো আচরণ করে।

১.৩.৫.৬ : বাস্তব গ্যাসের আদর্শ আচরণ থেকে বিচ্যুতি (Daviation of real gases from ideal behavior) :

n মোল আদর্শ গ্যাসের সমীকরণ হলো PV = nRT. যেসব গ্যাস PV = nRT সমীকরণটিকে নিম্নচাপ ও উচ্চ তাপমাত্রায় ব্যতীত অন্য কোনো অবস্থাতেই মেনে চলে না, তাদেরকে বাস্তব গ্যাস বলা হয়ে থাকে। প্রকৃতপক্ষে প্রকৃতি লব্ধ সমস্ত গ্যাসই বাস্তব গ্যাস। বিজ্ঞানী অ্যামাগা আদর্শ গ্যাসের আচরণ থেকে বাস্তব গ্যাসগুলোর বিচ্যুতি সংক্রান্ত বিভিন্ন পরীক্ষা-নিরীক্ষা পর্যবেক্ষণ করেন, যা অ্যামাগা বক্র নামে পরিচিত। 1881 সালে বিজ্ঞানী অ্যামাগা নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় বিভিন্ন চাপে বিভিন্ন গ্যাসের PV এর মান নির্ণয় করে PV বনাম P সমোষ্ণ রেখা অঙ্কন করেন (চিত্র ১.৩.২০)। এভাবে অঙ্কিত রেখাকে অ্যামাগা বক্র বলা হয়।

আদর্শ গ্যাস PV = nRT সমীকরণ অনুসরণ করে, তাহলে নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় PV বনাম P এর লেখচিত্র P-অক্ষের সমান্তরাল হবে এবং প্রতি মোল গ্যাসের ক্ষেত্রে যেকোনো চাপে PV এর মান RT এর সমান হয়, যা চিত্রে ভগ্নরেখার সাহায্যে দেখানো হয়েছে। বাস্তব গ্যাসের ক্ষেত্রে অঙ্কিত লেখগুলো অখণ্ড রেখার সাহায্যে দেখানো হয়েছে। বাস্তব গ্যাসের ক্ষেত্রে যে রেখাগুলো পাওয়া যায় তার প্রকৃতি আবার দু ধরনের। (i) CO_2, N_2, O_2, CH_4 প্রভৃতি গ্যাসের ক্ষেত্রে, চাপ বৃদ্ধির ফলে PV এর মান প্রথম দিকে কমতে থাকে এবং চাপের



চিত্র ১.৩.২০ : অ্যামাগা বক্র : 0 °C তাপমাত্রায় প্রাপ্ত বিভিন্ন গ্যাসের আয়তনের ভিত্তিতে অংকিত PV বনাম P লেখচিত্র

একটি নির্দিষ্ট মানে PV এর মান সর্বনিম্ন হয়। এরপর চাপ বাড়তে থাকলে PV এর মান ক্রমশ বাড়তে থাকে এবং এক পর্যায়ে তা RT এর মানকে অতিক্রম করে যায়। এ প্রকৃতির রেখাতে একটি অবতল অংশ থাকে।

(ii) H_2, He গ্যাসের ক্ষেত্রে, চাপ বৃদ্ধির ফলে PV এর মান প্রথম থেকেই বাড়তে থাকে এবং এক্ষেত্রে যে রেখা পাওয়া যায় তার কোনো অবতল অংশ থাকে না। তবে সাধারণ তাপমাত্রায় H_2, He গ্যাসের ক্ষেত্রে প্রাপ্ত রেখায় কোনো অবতল অংশ না থাকলেও অতি নিম্ন তাপমাত্রায় PV বনাম P এর লেখচিত্র অঙ্কন করলে সেক্ষেত্রে প্রাপ্ত রেখাগুলোতে অবতল অংশের সৃষ্টি হয়। তখন এরাও CO_2, N_2, O_2, CH_4 প্রভৃতি গ্যাসের অনুরূপ আচরণ করে থাকে। তবে – 100 °C তাপমাত্রা ও 5 atm চাপে যেকোনো গ্যাস আদর্শ গ্যাস থেকে সর্বোচ্চ বিচ্যুতি দেখায়।

১.৩.৫.৭ : সংকোচনশীলতা গুণক (Compressibility Factor) :

আধুনিক সময়ে আদর্শ গ্যাসের আচরণ থেকে বাস্তব গ্যাসের বিচ্যুতিকে ব্যাখ্যার ক্ষেত্রে 1881 সালের বিজ্ঞানী অ্যামাগার সমোষ্ণ রেখা পরীক্ষা চেয়ে গ্যাসের সংকোচনশীলতা গুণক এর মানকে অধিক গুরুত্ব দেয়া হয়। সংকোচনশীলতা গুণকের প্রতীক Z এবং আদর্শ গ্যাস সমীকরণে এর মান এরূপ–

$$PV = Z\,nRT \qquad \therefore Z = \frac{PV}{nRT}$$

আদর্শ গ্যাস সমীকরণটি, PV = nRT। যেহেতু Z = 1 তাই একই তাপমাত্রা ও চাপে এক গ্রাম-অণু বাস্তব গ্যাস ও আদর্শ গ্যাসের তুলনার ক্ষেত্রে লেখা যায়,

$Z = \frac{PV}{nRT}$ .....(i) এবং $1 = \frac{PV_0}{nRT}$ .....(ii) (এখানে, V_0 = আদর্শ গ্যাসের আয়তন)

(i) নং ও (ii) নং সমীকরণ থেকে পাওয়া যায়,

$$Z = \frac{V}{V_0} = \frac{\text{বাস্তব গ্যাসের আয়তন}}{\text{আদর্শ গ্যাসের আয়তন}}$$

গ্যাসের সংকোচনশীলতা গুণক বাস্তব গ্যাসের প্রকৃত আয়তন ও আদর্শ গ্যাসের আয়তনের অনুপাতকে প্রকাশ করে।

যদি Z এর মান 1 অপেক্ষা বড় হয় তবে বাস্তব গ্যাসটি আদর্শ গ্যাস অপেক্ষা কম সংকোচনশীল এবং Z এর মান 1 অপেক্ষা ছোট হলে বাস্তব গ্যাসটি আদর্শ গ্যাস অপেক্ষা অধিক সংকোচনশীল । আর যদি Z এর মান 1 এর কাছাকাছি হয় তবে এ অবস্থায় বাস্তব গ্যাসটি প্রায় অনেকটাই আদর্শ গ্যাসের ন্যায় আচরণ করবে। Z এর মান বাস্তব গ্যাসের আদর্শ বিচ্যুতির পরিমাণ নির্দেশ করে।

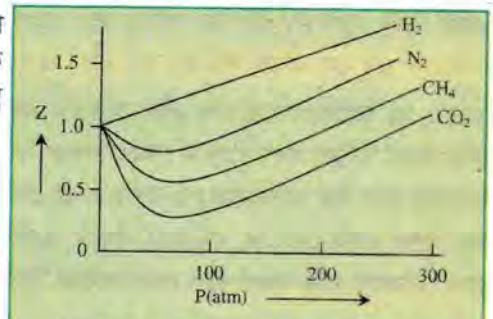
মনে রাখবে : (i) যখন $V = V_0$ অর্থাৎ বাস্তব গ্যাসের আয়তন এবং আদর্শ গ্যাসের আয়তন অভিন্ন হয় তখন Z = 1। এ অবস্থায় বাস্তব গ্যাসটি আদর্শ গ্যাসের ন্যায় আচরণ করবে।

(ii) যখন $V > V_0$ তখন $Z > 1$; অর্থাৎ একই তাপমাত্রা ও চাপে বাস্তব গ্যাসটি আদর্শ গ্যাসের তুলনায় কম সংকোচনশীল। এ অবস্থায় গ্যাসটি আদর্শ গ্যাস থেকে বিচ্যুতি ঘটে এবং এ ধরনের বিচ্যুতিকে বলা হয় ধনাত্মক বিচ্যুতি।

(iii) যখন $V < V_0$ তখন $Z < 1$; অর্থাৎ একই তাপমাত্রা ও চাপে বাস্তব গ্যাসটি আদর্শ গ্যাসের তুলনা বেশি সংকোচনশীল। এ অবস্থায় বাস্তব গ্যাসটি আদর্শ গ্যাস থেকে বিচ্যুতি ঘটে এবং এ ধরনের বিচ্যুতিকে বলা হয় ঋণাত্মক বিচ্যুতি।

আলোচনা থেকে দেখা যায় Z এর মান 1 অপেক্ষা কম বা বেশি হলেই বাস্তব গ্যাস আদর্শ গ্যাসের আচরণ থেকে বিচ্যুত হবে। Z এর মান 1 অপেক্ষা বড় হলে বাস্তব গ্যাসের ধনাত্মক বিচ্যুতি ঘটবে। Z এর মান 1 অপেক্ষা ছোট হলে বাস্তব গ্যাসের ঋণাত্মক বিচ্যুতি ঘটবে।

পাশে বিভিন্ন বাস্তব গ্যাসের Z বনাম P এর লেখচিত্র দেখানো হলো (চিত্র ১.৩.২১)। লেখচিত্র হতে দেখা যায় N_2, CO_2, CH_4 প্রভৃতি গ্যাসের Z এর মান খুব নিম্নচাপে 1 এর কাছাকাছি। অর্থাৎ খুব নিম্ন চাপে এ গ্যাসগুলো আদর্শ গ্যাসের মতো আচরণ করে থাকে।



চিত্র ১.৩.২১ : 0 °C তাপমাত্রায় বিভিন্ন গ্যাসের Z বনাম P এর লেখচিত্র

আদর্শ গ্যাস সমীকরণটি, $PV = nRT$

$$\therefore V = \left(\frac{nRT}{P}\right) = \frac{1 \times 0.0821 \times 273.16}{1}$$

$$= 22.42643 \text{ L}$$

$$= 22426.43 \text{ cm}^3$$

অ্যাভোগাড্রো সূত্র থেকে দেখা যায়, প্রমাণ অবস্থায় এক মোল যেকোনো গ্যাসের আয়তন 22.4 L বা 22400 cm^3.

প্রমাণ অবস্থায় P = 1 atm, n = 1 mol, T = 273.15 K, R = 0.0821 L atm mol^{-1} K^{-1}.

কিন্তু বাস্তব সত্য হলো, প্রমাণ অবস্থায় বিভিন্ন গ্যাসের মোলার আয়তন সামান্য পরিমাণ হলেও পরিবর্তিত হয়। পরীক্ষার মাধ্যমে দেখা যায়, H_2, N_2, O_2 ও CO_2 এর ক্ষেত্রে এ মান যথাক্রমে 22429, 22405, 22394 ও 22378 cm^3; কিন্তু আদর্শ মান 22414 cm^3।

১.৩.৫.৮ গ্যাসের সংকোচনশীলতার তাত্ত্বিক ব্যাখ্যা (Theoretial explanation of compressibility of gases) : গ্যাসের গতিতত্ত্বে গ্যাস অণুগুলোকে খুবই ক্ষুদ্র জ্যামিতিক বিন্দু হিসেবে কল্পনা করা হয়েছে। প্রকৃতপক্ষে গ্যাস অণুগুলো যতই ছোট হোক না কেন তার একটি নির্দিষ্ট আয়তন আছে। এ কারণে চাপ প্রয়োগ করে আয়তন সংকোচনের সময় অণুগুলোর নিজস্ব আয়তন এ সংকোচনকে বাধা দেয়। বিপরীতভাবে চাপ প্রয়োগের ফলে যখন গ্যাসের আয়তনের হ্রাস ঘটে। তখন অণুগুলো পরস্পরের কাছাকাছি চলে আসে এবং এদের মধ্যে একটি স্বল্প দূরত্বের বিকর্ষণ বল কার্যকরী হয়। এ বিকর্ষণ বলও আয়তন সংকোচন বাধা সৃষ্টি করে।

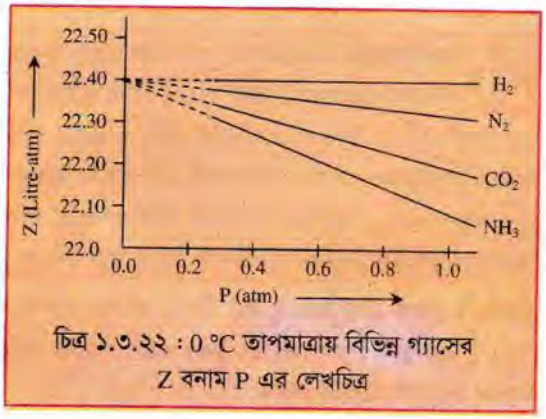
ভিন্নভাবে, গ্যাসের উপর আরোপিত চাপের হ্রাস ঘটলে গ্যাস অণুগুলো দূরে সরে যায়। এ অবস্থায় গ্যাস অণুগুলোর মধ্যে একটি অধিক দূরত্বের আকর্ষণ বল ক্রিয়াশীল হয়। কিন্তু এ আকর্ষণ বলের মান দূরত্ব বৃদ্ধির সাথে সাথে দ্রুত কমতে থাকে। ফলে নিম্নচাপে গ্যাসের সংকোচন অপেক্ষাকৃত সহজতর হয়।

প্রকৃতপক্ষে কোনো আবদ্ধ পাত্রে উপস্থিত গ্যাস অণুগুলোর মধ্যে দুটি বিপরীতধর্মী বল ক্রিয়া করে।

১. সংকোচন সহায়ক বল; ২. সংকোচন বিরোধী বল।

কোনো গ্যাসের ক্ষেত্রে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে এ দুই বিপরীত ধর্মী বলের মধ্যে কোনটির মান অধিক তার উপর নির্ভর করে গ্যাসটির সংকোচনশীলতা।

পরীক্ষার মাধ্যমে প্রমাণিত হয়েছে যে, খুব নিম্ন চাপে গ্যাসের ঘনত্ব মারাত্মকভাবে কমে যায়। এ অবস্থায় গ্যাস অণুগুলো পরস্পর থেকে অনেক বেশি দূরত্বে অবস্থান করে। স্বাভাবিকভাবে তখন গ্যাস অণুগুলোর মধ্যে আকর্ষণ ও বিকর্ষণ বলের প্রভাব আর কার্যকর হয় না। এমনকি হলেও এ দুই বলের প্রভাব নগণ্য হয়ে যায়। আবার, উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে গ্যাস অণুগুলোর গতিশক্তি মারাত্মকভাবে বেড়ে যায়। গতিশক্তি এতোই বেড়ে যায় যে, অণুগুলোর মধ্যে আকর্ষণ ও বিকর্ষণ বলের আর কোনোই কার্যকারিতা থাকে না। এ অবস্থায় অর্থাৎ অতি নিম্নচাপে ও অতি উচ্চ তাপমাত্রায় সব গ্যাসই আদর্শ গ্যাস সমীকরণকে অনুসরণ করবে।



চিত্র ১.৩.২২ : 0 °C তাপমাত্রায় বিভিন্ন গ্যাসের Z বনাম P এর লেখচিত্র

পরীক্ষা করে দেখা যায় 0 °C তাপমাত্রা স্থির রেখে 1 atm চাপের কম বিভিন্ন চাপে PV বনাম P এর সমোষ্ণ রেখাগুলো বিভিন্ন বাস্তব গ্যাসের ক্ষেত্রে সরলরেখা হয়, কিন্তু X অক্ষের সমান্তরাল হয় না।

0 °C তাপমাত্রা স্থির রেখে বাস্তব গ্যাসকে 1 atm চাপের কম বিভিন্ন চাপে 1 mol বিভিন্ন গ্যাসের PV বনাম P এর লেখচিত্রগুলো অংকন করে পিছনের দিকে বর্ধিত করলে দেখা যায় সব রেখাই P = 0 মানে PV অক্ষকে 22.414 Litre-atm মানে ছেদ করে (চিত্র ১.৩.২২)। বাস্তব গ্যাসের PV এর এ মান STP তে 1 mol আদর্শ গ্যাসের PV মানের সমান। সুতরাং অতি নিম্নচাপে ($P \rightarrow 0$) বাস্তব গ্যাসগুলো আদর্শ গ্যাসের ন্যায় আচরণ করবে।

১.৩.৬.১ | ভ্যানডার ওয়ালস কর্তৃক আদর্শ গ্যাসের ধর্ম থেকে বাস্তব গ্যাসের বিচ্যুতির ব্যাখ্যা

আদর্শ গ্যাসের ধর্ম থেকে বাস্তব গ্যাসের বিচ্যুতির কারণ হিসেবে বিজ্ঞানী ভ্যানডার ওয়ালস দুটি ত্রুটি উল্লেখ করেন।

১. বাস্তব গ্যাসের আয়তনজনিত ত্রুটি।

২. বাস্তব গ্যাসের অণুগুলোর মধ্যে আকর্ষণজনিত ত্রুটি।

১. **বাস্তব গ্যাসের আয়তনজনিত ত্রুটি :** গ্যাসের গতিতত্ত্বে গ্যাসীয় অণুগুলোকে অত্যন্ত ক্ষুদ্র বিন্দু হিসেবে কল্পনা করা হয়েছিল। গ্যাস অণুগুলোর মোট আয়তন পাত্রের আয়তনের তুলনায় নগণ্য ধরা হয়েছিল। পাত্রে রাখা গ্যাস অণুগুলো তাদের বিচরণের জন্য যে স্থান ব্যবহার করে ঐ স্থানকে গ্যাস অণুর কার্যকরী আয়তন বলে। গ্যাসের গতিতত্ত্ব অনুসারে গ্যাস অণুগুলোর মোট আয়তন পাত্রের আয়তনের তুলনায় খুবই নগণ্য হওয়ার কারণে প্রতিটি গ্যাস অণুর কার্যকরী আয়তন পাত্রের আয়তনের সমান ধরা হয়। কিন্তু বাস্তবে গ্যাস অণুগুলো অত্যন্ত ক্ষুদ্র হলেও এদের নির্দিষ্ট আয়তন থাকে। এদের আয়তন মোটেও উপেক্ষণীয় নয়। পরিমাণে খুব ছোট হলেও গ্যাস অণুগুলোর নিজস্ব কিছু আয়তন থাকে। পাত্রের আয়তন থেকে অণুগুলোর মোট আয়তন বাদ দিলে যে অবশিষ্ট আয়তন থাকে তাই হলো প্রতিটি গ্যাসীয় অণুর বিচরণ অঞ্চল অর্থাৎ কার্যকরী আয়তন।

২. **বাস্তব গ্যাসের অণুগুলোর মধ্যে আকর্ষণজনিত ত্রুটি :** গ্যাসের গতিতত্ত্ব অনুসারে গ্যাসীয় অণুগুলোর মধ্যে কোনো আকর্ষণ বল ক্রিয়া করে না। কিন্তু উচ্চচাপে ও নিম্ন তাপমাত্রায় বাস্তব গ্যাসকে তরলে পরিণত করা সম্ভব। এ ঘটনা প্রমাণ করে যে, প্রকৃতপক্ষে গ্যাসের অণুগুলোর মধ্যে কম বেশি আকর্ষণ বল কার্যকরী থাকে। এ কারণে আকর্ষণ মুক্ত আদর্শ গ্যাসের অণুগুলো পাত্রের দেয়ালে ধাক্কা দিয়ে যে চাপ সৃষ্টি করে আকর্ষণযুক্ত বাস্তব গ্যাসের অণুগুলো পাত্রের দেয়ালে তা অপেক্ষা কম জোরে ধাক্কা দিয়ে কম চাপ সৃষ্টি করে।

বিজ্ঞানী ভ্যানডার ওয়ালস $PV = nRT$ আদর্শ গ্যাস সমীকরণে গ্যাসের অণুগুলোর আয়তনজনিত ত্রুটি ও চাপজনিত ত্রুটির সংশোধন করে বাস্তব গ্যাসের একটি অবস্থায় সমীকরণ নির্ণয় করেন। এ সমীকরণটি বাস্তব গ্যাস সমীকরণ বা ভ্যানডার ওয়ালস সমীকরণ নামে পরিচিত।

১.৩.৬.২ | বাস্তব গ্যাসসমূহের আদর্শ আচরণের শর্ত (Conditions for Ideal behaviour of Real Gases)

বাস্তব গ্যাসসমূহ আদর্শ গ্যাসের ন্যায় আচরণ করে না। এরা আদর্শ গ্যাস সমীকরণ $PV = nRT$ যথাযথভাবে মেনে চলে না। বিশেষ করে উচ্চ চাপ ও নিম্ন তাপমাত্রায় বাস্তব গ্যাসগুলো এ সমীকরণ মেনে চলে না। এর মুখ্য কারণ হলো গ্যাসের গতিতত্ত্বের স্বীকার্যগুলো আদর্শ গ্যাসের জন্য প্রযোজ্য হলেও দুটি স্বীকার্য বাস্তব গ্যাসের জন্য মোটেও প্রযোজ্য নয়।

১. **প্রথম ত্রুটি :** গ্যাস অণুর আয়তনকে সামগ্রিক আয়তনের তুলনায় নগণ্য ধরা।

২. **দ্বিতীয় ত্রুটি :** গ্যাস অণুগুলোর মধ্যে পারস্পরিক আকর্ষণ বলকে হিসাবের বহির্ভূত রাখা। এ দুটি বিষয়কে বাস্তবতার আলোকে হিসাবের মধ্যে অন্তর্ভুক্ত করলেই বাস্তব গ্যাসসমূহ আদর্শ আচরণ করবে।

(ক) গ্যাস অণুর আয়তন : গ্যাসের গতিতত্ত্বে ধরা হয়েছে, গ্যাস অণুসমূহের নিজস্ব আয়তন পাত্রের আয়তনের তুলনায় অতি নগণ্য। অর্থাৎ গ্যাস অণুসমূহ প্রত্যেকেই জ্যামিতিক বিন্দুর ন্যায়। তাই তাদের নিজস্ব আয়তনকে গণ্য ধরা হয় না। কিন্তু বাস্তব গ্যাসকে আদর্শ গ্যাস হিসেবে আচরণ করতে হলে এ আয়তনকে অবশ্যই হিসাবের আওতায় আনা অতি জরুরিভাবে প্রয়োজন। গ্যাস অণুগুলো আয়তনে যতই নগণ্য হোক না কেন তাদের অবশ্যই নিজস্ব কিছু আয়তন

থাকবে। উচ্চ চাপ ও নিম্ন তাপমাত্রায় গ্যাসকে তরলে বা কঠিন অবস্থায় পরিবর্তিত করা যায় বলে গ্যাস অণুগুলোর নিজস্ব আয়তন গ্যাসের সামগ্রিক আয়তনের তুলনায় নগণ্য হতে পারে না। তাই অণুসমূহের আয়তন হিসাবের মধ্যে এনে গতিতত্ত্বে যে আদর্শ গ্যাস সমীকরণ প্রতিপাদন করা হয়েছে তা হতে এ মানকে বাদ দিলেই বাস্তব গ্যাস আদর্শ আচরণ করবে।

আদর্শ গ্যাস সমীকরণে গ্যাস অণুসমূহের মুক্ত চলাচলের জন্য আয়তন V ধরা হয়েছে। আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে এ মান সঠিক হলেও বাস্তব গ্যাসের ক্ষেত্রে তা সঠিক নয়। এক মোল বাস্তব গ্যাসের অণুসমূহের কার্যকর নিজস্ব আয়তন b হলে n মোল গ্যাসের ক্ষেত্রে এ মান nb. প্রকৃত অর্থে b হলো গ্যাসের আয়তন সংশোধন ধ্রুবক। মোট আয়তন থেকে এ মান বাদ দিলে বাস্তব গ্যাস অণুসমূহের জন্য প্রকৃত মুক্ত স্থান পাওয়া যাবে। অর্থাৎ গ্যাস অণুসমূহের জন্য মুক্ত স্থান = (V – nb) হলে বাস্তব গ্যাসসমূহ আদর্শ আচরণ করবে।

(খ) গ্যাস অণুগুলোর মধ্যে পারস্পরিক আকর্ষণ বল : গ্যাসের গতিতত্ত্বের স্বীকার্যে অণুগুলোকে সম্পূর্ণরূপে পারস্পরিক আকর্ষণ মুক্ত ধরা হয়েছে। স্বীকার্যটি বাস্তব গ্যাসের ক্ষেত্রে অতি নিম্নচাপ ও উচ্চ তাপমাত্রায় প্রযোজ্য হলেও হতে পারে। এ অবস্থায় অণুসমূহ একে অপর হতে যথেষ্ট দূরে দূরে অবস্থান করে। কিন্তু 1 atm এর অধিক চাপ ও নিম্ন তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন কম হয় বলে গ্যাস অণুগুলো পরস্পর পরস্পরের কাছাকাছি থাকে। ফলে বাস্তব গ্যাস অণুগুলোর মধ্যে আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বলের প্রভাব যথেষ্ট অনুভূত হয়। এ বলের কারণেই বাস্তব গ্যাসকে তরল বা কঠিন অবস্থায় পরিবর্তন করা সম্ভব হয়। উপরন্তু জুল-থমসন প্রভাব হতে অণুসমূহের আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বলের প্রভাবের সরাসরি প্রমাণ পাওয়া যায়। এ আকর্ষণ বলের প্রভাবে বাস্তব গ্যাসের অণুসমূহ গ্যাস পাত্রের দেয়ালে যে পরিমাণ চাপ প্রয়োগ করতে পারত তা অপেক্ষা কিছুটা হলেও কম চাপ প্রয়োগ করে। বাস্তব গ্যাস কর্তৃক প্রদত্ত চাপের মান, একই অবস্থায় গ্যাসটি আদর্শ গ্যাস হলে যে চাপ প্রয়োগ করতে পারতো, তার চেয়ে কম।

বাস্তব গ্যাসকে আদর্শ গ্যাস হিসেবে আচরণ করলে হলে গ্যাসের চাপ P এর সাথে আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল যোগ করা প্রয়োজন। বিজ্ঞানী ভ্যানডার ওয়ালস দেখান যে, n মোল গ্যাসের ক্ষেত্রে আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বলের মান $\frac{n^2a}{V^2}$ এর সমান। এখানে a ভ্যানডার ওয়ালস ধ্রুবক। তাহলে বিষয়টি দাঁড়ায় যে, বাস্তব গ্যাসকে আদর্শ গ্যাস হিসেবে আচরণ করতে হলে গ্যাসের চাপ হবে $\left(P + \frac{n^2a}{V^2}\right)$। বাস্তব গ্যাসসমূহের আদর্শ আচরণ করার শর্ত হিসেবে গ্যাসের নিজস্ব আয়তন ও আন্তঃআণবিক আকর্ষণজনিত চাপ হিসাব করে বিজ্ঞানী ভ্যানডার ওয়ালস আদর্শ গ্যাস সমীকরণ $PV = nRT$ এর প্রয়োজনীয় সংশোধন এনে $\left(P + \frac{n^2a}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$ আকারে উপস্থাপন করেন। এ সমীকরণটি বাস্তব গ্যাসের অবস্থার সমীকরণ হিসেবে পরিচিত।

তাহলে সিদ্ধান্ত হলো গ্যাসের তাপমাত্রা যতো বেশি হয় এবং চাপ যতো কম হয়, গ্যাসের আয়তন ততো অধিক হয়। আর গ্যাসের আয়তন যতো অধিক হবে, তার তুলনায় গ্যাস অণুসমূহের আয়তন ততো নগণ্য হয়। ফলে গ্যাসের গতিতত্ত্বের প্রথম ত্রুটি দূর হয়। এবার দেখ গ্যাসের আয়তন যতো বেশি হবে, অণুসমূহের মধ্যকার গড় দূরত্ব ততো বেশি হয়। ফলশ্রুতিতে তাদের মধ্যকার গড় আকর্ষণ ততো কম হয়। তাহলে দেখা যায়, গ্যাসের গতিতত্ত্বের দ্বিতীয় ত্রুটিও কার্যকরভাবে অপসারিত হয়। ফলে এখন এ অবস্থায় বাস্তব গ্যাস আদর্শ গ্যাস হিসেবে আচরণ করবে।

মনে রাখবে : ১. গ্যাস অণুগুলোর মধ্যে আন্তঃআণবিক আকর্ষণ শক্তির মান যত বেশি হয় ভ্যান্ডার ওয়ালস ধ্রুবক "a" এর মান তত বেশি হয়। অন্যভাবে ধ্রুবক a মান হতে গ্যাসের অণুগুলোর মধ্যে পারস্পরিক আকর্ষণের মান জানা যায়।

২. আয়তন সংশোধন ধ্রুবক b -এর মান থেকে গ্যাস অণুগুলোর প্রকৃত আকার বা কার্যকরী আকার (Effective site) পরিমাপ করা যায়। সাধারণভাবে "b" এর মান গ্যাস অণুর প্রকৃত আয়তনের চারগুণ।

৩. ভ্যানডার ওয়ালস্ সমীকরণে 'a' ও 'b' ধ্রুবক দুটি বাস্তব অর্থে ধ্রুবক নয়। কারণ 'a' ও 'b' -এর মান তাপমাত্রা ও চাপের পরিবর্তনের সাথে পরিবর্তিত হয়।

৪. পদার্থের গ্যাসীয় অবস্থাকে প্রকাশের ক্ষেত্রে বাষ্প ও গ্যাস দুটি শব্দই সমভাবে ব্যবহৃত হয়। কিন্তু বাষ্প ও গ্যাস শব্দ দুটি প্রকৃতপক্ষে এক নয়, ওদের মধ্যে একটি বিশেষ পার্থক্য আছে। প্রতিটি গ্যাসীয় পদার্থকে অবশ্যই একটি সুনির্দিষ্ট তাপমাত্রা বা তার কম তাপমাত্রায় চাপ প্রয়োগ করে তরলে পরিণত করা যায়। গ্যাসীয় পদার্থের তাপমাত্রা যদি ঐ নির্দিষ্ট তাপমাত্রার চেয়ে বেশি হয়, তবে সেক্ষেত্রে যতই চাপ প্রয়োগ করা হোক না কেন গ্যাসটি কোনো অবস্থাতেই তরলে পরিণত হয় না। এ তাপমাত্রাকে গ্যাসের সন্ধি তাপমাত্রা বলে।

কোন গ্যাসীয় পদার্থ সন্ধি তাপমাত্রার নিচে থাকলে তাকে বাষ্প বলে। বাষ্পকে কেবলমাত্র চাপ প্রয়োগ করে তরলে পরিণত করা যায়, কিন্তু সব গ্যাসকে চাপ প্রয়োগ করে তরলে পরিণত করা যায় না।

৫. সন্ধি তাপমাত্রার নিচে কোনো গ্যাস থাকলে ভ্যান্ডারওয়ালস ধ্রুবক "a" এর মান বেড়ে যায়। "a" এর মানের বৃদ্ধির ফলে গ্যাস অণুগুলোর মধ্যে পারস্পরিক আকর্ষণ বলের মান অস্বাভাবিকভাবে বেড়ে যায়। এ কারণে সন্ধি তাপমাত্রার নিচে যে কোনো গ্যাসকে চাপ প্রয়োগ করলে তা অতি সহজেই তরলে পরিণত হয়। তাহলে এবার তোমরা একটু চিন্তা করে বলো – যদি O_2, N_2, CH_4 ও NH_3 এর ক্ষেত্রে ভ্যানডার ওয়ালস ধ্রুবকের মান যথাক্রমে 1.36, 1.39, 2.25 ও 4.17 atm. mol^{-2} হয় তবে কোন গ্যাসটিকে তরল করা অপেক্ষাকৃত সহজ হবে।

ভ্যানডার ওয়ালস ধ্রুবক (Vander Waals' Constants) :

ভ্যানডার ওয়ালস সমীকরণে a ও b পদ দুটিকে ভ্যানডার ওয়ালস ধ্রুবক বলা হয়। এ ধ্রুবক দুটির মান নির্ভর করে ঐ গ্যাসের প্রকৃতির উপর।

চাপ সংশোধন পদ a নির্ণয় (Determination of pressure correction term a) : a হলো বাস্তব গ্যাস অণুগুলোর মধ্যে ক্রিয়াশীল আকর্ষণজনিত বলের পরিমাণ। 'a' এর মান যতো বড় হয়, গ্যাস অণুগুলোর মধ্যকার আকর্ষণ বল ততো বেশি হয়।

বাস্তব গ্যাসের অণুগুলোর মধ্যে পারস্পরিক আকর্ষণ বল ক্রিয়া করে। পাত্রের মধ্যে একটি গ্যাস অণু অন্যান্য গ্যাস অণু দ্বারা সমানভাবে পরিবেষ্টিত থাকে। এ অবস্থায় গ্যাস অণুটি পরিবেষ্টিত অণুগুলো দ্বারা সমানভাবে সবদিক থেকে আকৃষ্ট হয়। এ কারণে অণুটির ওপর আকর্ষণজনিত লব্ধি বল শূন্য হয়।

এবার পাত্রের দেয়ালের সাথে থাকা গ্যাস অণু অন্যান্য অণু দ্বারা সমানভাবে পরিবেষ্টিত থাকে না। অণুটির যে দিকে দেয়াল থাকে যে দিকে অণুর সংখ্যা কম এবং বিপরীত পাশে অর্থাৎ পাত্রের অভ্যন্তরের দিকে অণুর সংখ্যা বেশি থাকায় অণুটির ওপর আকর্ষণজনিত লব্ধি বল শূন্য হয় না। গ্যাস অণুটির ওপর লব্ধি বল পাত্রের দেয়ালের বিপরীত দিকে অর্থাৎ পাত্রের অভ্যন্তরের দিকে হয়। এ কারণে পাত্রের দেয়ালের খুব নিকটের অণুগুলোর গতি কমে যায়। যে কারণে আদর্শ গ্যাসের আকর্ষণ মুক্ত অণু দেয়ালের গায়ে যতটা জোর ধাক্কা দিতে পারে বাস্তব গ্যাসের অণুগুলো ততো জোরো ধাক্কা দিতে পারে না। ফলে বাস্তব গ্যাসের ধাক্কাজনিত চাপ আদর্শ গ্যাসের চাপের তুলনায় কম হয়।

মনে কর, বাস্তব গ্যাসের আকর্ষণজনিত চাপ হ্রাসের পরিমাণ P_a। P_a কে আকর্ষণজনিত আন্তঃটান বলে।

ধরি, T কেলভিন তাপমাত্রায় V আয়তনের পাত্রে n মোল বাস্তব গ্যাস আছে। আকর্ষণজনিত আন্তঃটান P_a গ্যাসের ঘনত্বের বর্গের সমানুপাতিক হয়। গ্যাসের ঘনত্ব d হলে $P_a \propto d^2$।

আবার গ্যাসের ঘনত্ব, d একক আয়তন গ্যাসের গ্রাম-অণুর সংখ্যার সমানুপাতিক হয়। অর্থাৎ, $d \propto \frac{n}{V}$

$$P_a \propto d^2 \quad \text{বা, } P_a \propto \left(\frac{n}{V}\right)^2 \quad \text{বা, } P_a = a\frac{n^2}{V^2} = \frac{n^2a}{V^2}$$

সুতরাং n মোল বাস্তব গ্যাসের সংশোধিত চাপ, $P_a = \frac{n^2a}{V^2}$।

Pa হলো বাস্তব গ্যাসের অণুগুলোর মধ্যে আকর্ষণজনিত বলের মান। n ও V নির্দিষ্ট থাকলে P_a এর মান a ধ্রুবকের ওপর নির্ভর করে। a ধ্রুবকের মান বেশি হলে P_a এর মান বেশি হয়। অর্থাৎ a এর মান বড় হলে গ্যাসের অণুগুলোর মধ্যে আকর্ষণ বল বেশি হয়। তখন গ্যাসকে তরল করা সহজ হয়। a এর মান গ্যাসের আণবিক ভরের উপর নির্ভরশীল। গ্যাসের আণবিক ভর বড় হলে a এর মান বেশি হয়।

এখন n মোল গ্যাসের ক্ষেত্রে, $P_a = \frac{n^2a}{V^2}$

$\therefore a = \left(\frac{P_a \times V^2}{n^2}\right)$; $\therefore$ 1 মোল গ্যাসের ক্ষেত্রে, $P_a = \frac{a}{V^2}$; $\therefore a = P_a \times V^2$

$\therefore$ a এর একক $= \frac{\text{চাপের একক} \times (\text{আয়তনের একক})^2}{(\text{মোল})^2}$

$\therefore$ CGS পদ্ধতিতে a এর একক $= \frac{\text{ডাইন } (\text{সেমি}^3)^2}{(\text{সেমি})^2 \times (\text{মোল})^2} = \text{ডাইন সেমি}^4 \text{ মোল}^{-2} = \text{Dyne cm}^4 \text{ mol}^{-2}$

SI পদ্ধতিতে a এর একক $= \frac{(\text{নিউটন}) \times (\text{মিটার}^3)^2}{(\text{মিটার})^2 \times (\text{মোল})^2} = \text{নিউটন মিটার}^4 \text{ মোল}^{-2} = \text{N m}^4 \text{ mol}^{-2}$

চাপকে atm এককে এবং আয়তনকে L এককে প্রকাশ করলে a এর একক $= \frac{\text{atm.}(\text{L})^2}{(\text{mol})^2}$

$= \text{atm L}^2 \text{ mol}^{-2} = \text{atm dm}^6 \text{ mol}^{-2}$

আয়তন সংশোধন পদ b নির্ণয় (Determination of Volume correction term b) : বাস্তব গ্যাসের প্রতিটি অণু গোলাকার ধরা হয়। এ গোলাকার গ্যাস অণুর ব্যাসার্ধ r হলে প্রতিটি গ্যাস অণুর আয়তন $\frac{4}{3}\pi r^3$ হয়।

1 মোল গ্যাসের মধ্যে গ্যাসের অণুর সংখ্যা = N

$\therefore$ 1 মোল গ্যাসের অণুগুলোর মোট আয়তন $= N \times \frac{4}{3}\pi r^3$।

1 মোল বাস্তব গ্যাসের অণুগুলোর স্বাধীনভাবে বিচরণের জন্য সংশোধিত আয়তন = (পাত্রের আয়তন – 4 × 1 মোল বাস্তব গ্যাসের অণুগুলোর মোট আয়তন)

গ্যাস রক্ষিত পাত্রের আয়তনকে V ধরে নিলে সংশোধিত আয়তন $= (V - 4 \times N \times \frac{4}{3}\pi r^3) = (V - b)$

$\therefore$ এখানে $\mathbf{b = (4 \times N \times \frac{4}{3}\pi r^3)}$।

$\therefore$ n মোল বাস্তব গ্যাসের ক্ষেত্রে সংশোধিত আয়তন = (V – nb)।

সুতরাং আয়তন সংশোধন পদ $b = (4 \times N \times \frac{4}{3}\pi r^3)$ সমীকরণে দেখা যায় N ও π ধ্রুবক সংখ্যা।

$\therefore$ b এর মান নির্ভর করে r এর উপর। অর্থাৎ গ্যাস অণুর আকারের ওপর। অণুগুলোর আকার বড় হলে r এর মান বড় হয় এবং b এর মানও বড় হয়। বিপরীতভাবে b এর মান বড় হলে গ্যাস অণুগুলোর আকার অর্থাৎ নিজস্ব আয়তন বড় হয়। তখন পাত্রের আয়তনের তুলনায় ওদের নিজস্ব আয়তন আর নগণ্য হয় না। ফলে স্বাধীনভাবে বিচরণের ক্ষেত্রে গ্যাস অণুগুলোর আয়তন বা সংকোচনযোগ্য আয়তনের পরিমাণ কম হয়।

এখন $nb = n \times 4 \times N \times \frac{4}{3}\pi r^3$

কিন্তু $n \times (N \times \frac{4}{3}\pi r^3) = n$ গ্রাম-অণু গ্যাসের নিজস্ব আয়তন।

$\therefore n \times 4 \times (N \times \frac{4}{3}\pi r^3) = 4 \times (n \times N \times \frac{4}{3}\pi r^3) = 4n$ গ্রাম-অণু গ্যাসের নিজস্ব আয়তন।

$\therefore$ nb = আয়তন।

$\therefore b = \frac{\text{আয়তন}}{n}$

$\therefore$ b এর একক $= \dfrac{\text{গ্যাসের আয়তনের একক}}{\text{মোল}}$

$\therefore$ CGS পদ্ধতিতে b এর একক $= cm^3\ mol^{-1}$

SI পদ্ধতিতে b এর একক $= m^3\ mol^{-1}$

গ্যাসের আয়তনকে লিটারে প্রকাশ করলে b এর একক $= L\ mol^{-1}$ বা, $dm^3\ mol^{-1}$

উদাহরণ ১ : 27 °C তাপমাত্রা ও 12 atm চাপে 1 mol একটি অজ্ঞাত গ্যাস 2 L আয়তনের পাত্রে রাখা আছে। যদি গ্যাসটির b এর মান 0.05 $L.mol^{-1}$ হয় তবে a এর মান নির্ণয় কর।

সমাধান : n মোল গ্যাসের ক্ষেত্রে ভ্যানডার ওয়ালস সমীকরণটি $\left(P + \dfrac{n^2a}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$

$\therefore \left(12 + \dfrac{1^2 \times a}{2^2}\right)(2 - 1 \times 0.05) = 1 \times 0.0821 \times 300$

বা, $\left(12 + \dfrac{a}{4}\right) \times 1.95 = 24.63$

বা, $\left(12 + \dfrac{a}{4}\right) = 12.63077$

$\therefore \dfrac{a}{4} = 0.63077$

$\therefore a = 2.523$

$\therefore$ ভ্যানডার ওয়ালস্ ধ্রুবক, a এর মান 2.523 atm $L^2\ mol^{-2}$

এখানে, P = পাত্রের চাপ = 12 atm

T = তাপমাত্রা = (27 + 273) K = 300 K

n = গ্যাসের মোল সংখ্যা = 1 mol

V = পাত্রের আয়তন = 2 L, b = 0.05 L mol^{-1}

R = মোলার গ্যাস ধ্রুবক = 0.0821 L atm $mol^{-1}\ K^{-1}$

a = ভ্যানডার ওয়ালস ধ্রুবক = ?

উদাহরণ ২ : 27 °C তাপমাত্রা ও 4.824 atm চাপে কোনো একটি নির্দিষ্ট ভরের 2 mol গ্যাসের আয়তন 9.85 L। ভ্যানডার ওয়ালস্ ধ্রুবক a এর মান 6.5 atm $L^2\ mol^{-2}$ হলে b এর মান নির্ণয় কর।

সমাধান : 'n' মোল গ্যাসের ক্ষেত্রে ভ্যানডার ওয়ালস সমীকরণটি $\left(P + \dfrac{n^2a}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$

$\therefore \left(4.824 + \dfrac{2^2 \times 6.5}{9.85^2}\right)(9.85 - 2 \times b) = 2 \times 0.0821 \times 300$

বা, $(4.824 + 0.2679)(9.85 - 2b) = 49.26$

বা, $5.09197\ (9.85 - 2b) = 49.26$

বা, $(9.85 - 2b) = 9.674$

বা, $-2b = -0.176$

$\therefore b = 0.088\ L.mol^{-1}$

এখানে,

P = পাত্রের মধ্যে গ্যাসের চাপ = 4.824 atm

n = গ্যাসের মোট মোল সংখ্যা = 2 mol

R = মোলার গ্যাস ধ্রুবক, 0.0821 L. atm $mol^{-1}\ K^{-1}$

a = ভ্যানডার ওয়ালস ধ্রুবক = 6.5 atm $L^2\ mol^{-2}$

V = গ্যাসের আয়তন = 9.85 L

b = ভ্যানডার ওয়ালস ধ্রুবক (আয়তন সংশোধন পদ) = ?

ভ্যানডার ওয়ালস্ ধ্রুবক 'b' এর মান 0.088 L mol^{-1}।

চিন্তা করে উত্তর দাও – ১.১৪ :

১. খুব নিম্নচাপ ও উচ্চ তাপমাত্রায় বাস্তব গ্যাসগুলো আদর্শ গ্যাসের মতো আচরণ করার কারণ কী?

২. আমাদের চারপার্শ্বে যে সকল গ্যাস বর্তমান তাদের কোনগুলো আদর্শ আর কোনগুলো অনাদর্শ ভেবে চিন্তে উত্তর দাও।

৩. আদর্শ গ্যাস ও বাস্তব গ্যাসের মধ্যে তিনটি বাস্তবধর্মী পার্থক্য উল্লেখ কর।

৪. আদর্শ গ্যাসকে তরলে পরিণত করা যায় না কেন?

৫. গ্যাসকে তরলে পরিণত করতে হলে সন্ধি তাপমাত্রা বা তার নিচের তাপমাত্রায় নেয়া প্রয়োজন কেন?

৬. দুটি বাস্তব গ্যাসের b এর মান অভিন্ন কিন্তু a এর মান ভিন্ন। সম মোল গ্যাস দুটির মধ্যে একই অবস্থায় কোন গ্যাসটি বেশি আয়তন দখল করবে এবং কেন?

৭. এক মোল গ্যাসের ক্ষেত্রে একটি বাস্তব গ্যাসের অবস্থা সমীকরণ হলো $P(V - b) = RT$। এ গ্যাসটিকে কী তরলে পরিণত করা যাবে?

৮. প্রমাণ অবস্থায় $NH_3(g)$, $CO_2(g)$ $Cl_2(g)$ কে চাপ প্রয়োগ করে সহজেই তরলে পরিণত করা সম্ভব হলেও O_2, H_2, N_2 কে এ অবস্থায় উচ্চ চাপ প্রয়োগ করেও তরলে পরিণত করা যায় না কেন?

৯. উচ্চ তাপমাত্রা ও নিম্ন চাপে বায়ু মণ্ডলের উপাদানসমূহ অনেকে আদর্শ গ্যাসের ন্যায় আচরণ করলেও এ অবস্থায় কোনো গ্যাসকেই তরলে পরিণত করা যায় না কেন?

১০. সাধারণ তাপমাত্রা ও চাপে CO_2 গ্যাসের আদর্শ গ্যাস থেকে বিচ্যুতি H_2 অপেক্ষা অনেক বেশি কেন?

১১. H_2 ও He এর ক্ষেত্রে অন্যান্য বাস্তব গ্যাসের রেখা হতে ভিন্নতর – এরূপ অস্বাভাবিক আচরণের কারণ কী?

নিজে কর – ১.১৫ :

১. ভ্যানডার ওয়ালস ধ্রুবক 'a' এর মান 2.255 $atm.mol^{-2}.dm^6$ হলে, 25 °C তাপমাত্রায় 1 মোল N_2 এর চাপ হিসেব কর।
উত্তর : 1.087729 atm.

২. 0 °C তাপমাত্রায় 1.0 atm চাপে 1 মোল CO_2 গ্যাসের ক্ষেত্রে ভ্যানডার ওয়ালস ধ্রুবক 'a' এর মান নির্ণয় কর।
উত্তর : 0.29792 atm mol^{-2} dm^6.

৩. 5 L আয়তনের একটি পাত্রে 3 mol CO_2 গ্যাস রক্ষিত আছে। এ গ্যাস 25 °C তাপমাত্রায় 12.75 atm চাপ দেয়। যদি গ্যাসটির আয়তন সংশোধন ধ্রুবক 'b' এর মান 0.05 dm^3 mol^{-1} হয় তবে ভ্যানডার ওয়ালস ধ্রুবক 'a' এর মান নির্ণয় কর।
উত্তর : 6.62079 atm mol^{-2} dm^6.

৪. 1.5 গ্রাম অণু একটি গ্যাস যদি 30 °C তাপমাত্রায় 15 dm^3 আয়তন দখল করে তবে গ্যাসটির চাপ নির্ণয় কর। ভ্যানডার ওয়ালস ধ্রুবক a = 4.5 atm mol^{-2} dm^6, আয়তন সংশোধন ধ্রুবক b = 0.05 dm^3 mol^{-1}. **উত্তর :** 2.45513 atm.

৫. ভ্যানডার ওয়ালস সমীকরণের সাহায্যে 27 °C তাপমাত্রা ও 1.01325×10^4 kPa চাপে 7g N_2 গ্যাসের আয়তন নির্ণয় কর। (a = 1.29 atm mol^{-2} dm^6, b = 0.0391 $L.mol^{-1}$) **উত্তর :** 42.68 cm^3.

৬. মনে কর তুমি 27 °C তাপমাত্রায় 1.0 L আয়তনের একটি পাত্রে 0.65 mol N_2 গ্যাস নিয়ে বয়েলের সূত্রের প্রমাণ করছ। (ক) আদর্শ গ্যাস সমীকরণ ও (খ) ভ্যানডার ওয়ালস সমীকরণ অনুসারে N_2 গ্যাসের চাপ atm এককে হিসেব কর। N_2 এর a = 1.35 atm L^2 mol^{-2} এবং b = 0.0387 L mol^{-1}. **উত্তর :** (ক) 16.0095 atm (খ) 15.8522 atm.

১.৩.৭ ডাল্টনের আংশিক চাপ সূত্র (Dalton's Law of Partial Pressure)

দুই বা ততোধিক গ্যাস যখন রাসায়নিক বিক্রিয়া ছাড়াই পরস্পরের সাথে সম্পূর্ণভাবে মিশে যায় তখন তাকে গ্যাস মিশ্রণ বলে। নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট আয়তনের গ্যাস মিশ্রণের একটি নির্দিষ্ট চাপ থাকে। আর মনে রাখবে, এ চাপই কিন্তু গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ।


▶ জন ডাল্টন

জন ডাল্টন (6-9-1766 – 27-7-1844) হলেন একজন ইংরেজ রসায়নবিদ, স্কুলশিক্ষক, আবহাওয়া বিজ্ঞানী ও পদার্থবিদ। তিনি ইংল্যান্ডের ঈগলসফিল্ড নামক স্থানে এক 'কোয়কার' পরিবারে জন্মগ্রহণ করেন। 1793 সালে তিনি ম্যানচেস্টারে এক অন্ধ দার্শনিকের থেকে বিজ্ঞান সংক্রান্ত সকল জ্ঞান অর্জন করেন। তিনি তাঁর 'পরমাণু তত্ত্ব' এবং 'বর্ণান্ধতা' বিষয়ে কাজের জন্য খ্যাতি অর্জন করেছেন।

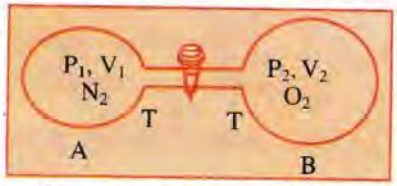
যদি গ্যাস মিশ্রণের পরিবর্তে তার মধ্যকার শুধু একটি গ্যাস একই তাপমাত্রায় মিশ্রণের সমগ্র আয়তন দখল করে যে চাপ প্রয়োগ করবে, তা কিন্তু মোট চাপ অপেক্ষা কম হয়। আর এ চাপকে সংশ্লিষ্ট মিশ্রণে ঐ গ্যাসের আংশিক চাপ বলা হয়ে থাকে। তাহলে বিষয়টি দাঁড়ায়– একটি গ্যাস মিশ্রণ কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় যে আয়তন দখল করে, মিশ্রণের অন্তর্গত একটি গ্যাস যদি ঐ একই তাপমাত্রায় এককভাবে সমান আয়তন দখল করে যে চাপ সৃষ্টি করে, সেই চাপকেই ঐ মিশ্রণে ঐ উপাদান গ্যাসের আংশিক চাপ বলা হয়ে থাকে।

আধুনিক পরমাণুবাদের জনক বিজ্ঞানী জন ডাল্টন তাঁর পারমাণবিক মতবাদ প্রকাশের পূর্বে গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ ও উক্ত মিশ্রণের প্রতিটি উপাদানের আংশিক চাপের মধ্যে যোগসূত্র স্থাপনের জন্য অনেক পরীক্ষা-নিরীক্ষা করেন। তাঁর গবেষণার ফলাফল 1802 খ্রিস্টাব্দে সূত্রাকারে প্রকাশিত হয়, যা ডাল্টনের আংশিক চাপ সূত্র নামে পরিচিত। সূত্রটি – "কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় পরস্পর বিক্রিয়াহীন কোনো গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ ঐ মিশ্রণের উপস্থিত প্রতিটি উপাদান গ্যাসসমূহের আংশিক চাপের সমষ্টির সমান।" অর্থাৎ নির্দিষ্ট তাপমাত্রায়, নির্দিষ্ট আয়তনের মিশ্র গ্যাসের চাপ = মিশ্রণে উপস্থিত গ্যাস উপাদানগুলোর আংশিক চাপের যোগফল।

মনে কর, স্থির তাপমাত্রায় V আয়তনের একটি আবদ্ধ পাত্রে একটি গ্যাস মিশ্রণে n সংখ্যক উপাদান গ্যাসে রাসায়নিকভাবে বিক্রিয়াহীন অবস্থায় মিশ্রিত আছে। যদি গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ, P এবং গ্যাস মিশ্রণে উপাদান গ্যাসসমূহের আংশিক চাপ যথাক্রমে, P_1, P_2, P_3 ..... P_n হয়। তাহলে, ডাল্টনের আংশিক চাপ সূত্রানুসারে,

মোট চাপ, $P_{মোট} = P_1 + P_2 + P_3 + ...+ P_n$. (যখন তাপমাত্রা ও আয়তন স্থির)

ব্যাখ্যা : মনে কর, A ও B দুটি পাত্র। পাত্র দুটিকে সূক্ষ্ম সংযোগ নল দ্বারা যুক্ত করার ব্যবস্থা আছে। A গ্যাস P_1 চাপে V_1 আয়তনের N_2 ও B পাত্রে P_2 চাপে V_2 আয়তনের O_2 গ্যাস রাখা আছে (চিত্র ১.৩.২৩)।



চিত্র ১.৩.২৩ : ডাল্টনের আংশিক চাপ

পাত্র দুটিকে সূক্ষ্ম নল দ্বারা যুক্ত করা হলো। ফলে গ্যাস উচ্চ চাপ হতে নিম্ন চাপের দিকে ধাবিত হয়ে এক সময়ে স্থির হলো। এ অবস্থায় গ্যাস মিশ্রণের মোট আয়তন দাঁড়ায় $(V_1 + V_2)$.

মনে কর, গ্যাস মিশ্রণে N_2 এর আংশিক চাপ, P_{N_2} এবং অক্সিজেনের আংশিক চাপ, P_{O_2}।

যেহেতু তাপমাত্রা স্থির সেহেতু বয়েলের সূত্রানুসারে,

$$P_{N_2}(V_1 + V_2) = P_1V_1 \text{ এবং } P_{O_2}(V_1 + V_2) = P_2V_2.$$

$$\therefore \quad P_{N_2} = \frac{P_1V_1}{(V_1 + V_2)} \text{ এবং } P_{O_2} = \frac{P_1V_2}{(V_1 + V_2)}$$

$$\therefore \quad \text{গ্যাস মিশ্রণে } N_2 \text{ এর আংশিক চাপ, } P_{N_2} = \frac{P_1V_1}{(V_1 + V_2)} \text{ এবং গ্যাস মিশ্রণে } O_2 \text{ এর আংশিক চাপ, } P_{O_2} = \frac{P_1V_2}{(V_1 + V_2)}$$

$$\therefore \quad \text{গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ, } P_{মোট} = P_{N_2} + P_{O_2} = \frac{P_1V_1}{(V_1 + V_2)} + \frac{P_2V_2}{(V_1 + V_2)} = \left(\frac{P_1V_1 + P_2V_2}{V_1 + V_2}\right)$$

$\therefore$ কয়েকটি গ্যাস মিশ্রণের ক্ষেত্রে সমীকরণটিকে লেখা যায়,

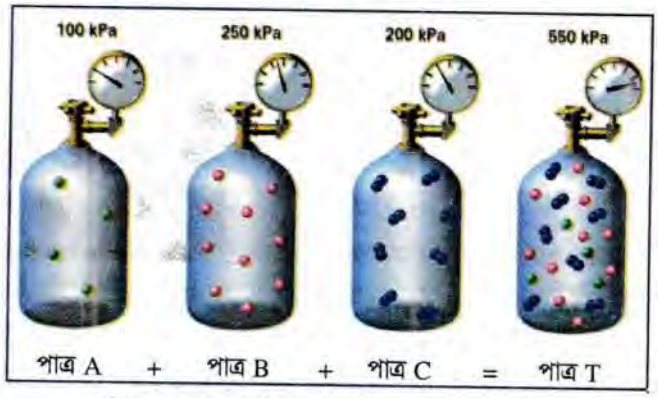
$$P_{মোট} = \frac{(P_1V_1 + P_2V_2 + P_3V_3 + ...)}{(V_1 + V_2 + V_3 + ...)}$$

যদি P_1 চাপে V_1 আয়তনের N_2 গ্যাস ও P_2 চাপে V_2 আয়তনের O_2 গ্যাসকে V আয়তনের একটি শূন্যপাত্রে একত্রে মিশ্রিত করা হয় তবে সেক্ষেত্রে,

স্থির তাপমাত্রায় বয়েলের সূত্রানুসারে,

$$P_{N_2} \times V = P_1V_1 \text{ এবং } P_{O_2} \times V = P_2V_2$$

বা, $P_{N_2} = \frac{P_1V_1}{V}$ এবং $P_{O_2} = \frac{P_2V_2}{V}$.



চিত্র ১.৩.২৪ : ডাল্টনের আংশিক চাপ সূত্রের ধারণা

∴ গ্যাস মিশ্রণে N_2 এর আংশিক চাপ, $P_{N_2} = \left(\frac{P_1V_1}{V}\right)$ এবং গ্যাস মিশ্রণে O_2 এর আংশিক চাপ, $P_{O_2} = \left(\frac{P_2V_2}{V}\right)$

∴ গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ, $P_{\text{মোট}} = P_{N_2} + P_{O_2} = \frac{P_1V_1}{V} + \frac{P_2V_2}{V} = \left(\frac{P_1V_1 + P_2V_2}{V}\right)$

কয়েকটি গ্যাস মিশ্রণের ক্ষেত্রে সমীকরণটিকে লেখা যায়, $P_{\text{মোট}} = \frac{(P_1V_1 + P_2V_2 + P_3V_3 + ...)}{V}$.

মনে রাখবে : কোন আবদ্ধ পাত্রে কিছু পরিমাণ গ্যাস রাখলে পাত্রের দেয়ালে ঐ গ্যাস চাপ প্রয়োগ করে। গ্যাসের গতিতত্ত্ব অনুসারে এ চাপ গ্যাস অণু কর্তৃক আবদ্ধ পাত্রের দেয়ালের উপর অবিরত আঘাতের ফল। তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে গ্যাস অণুগুলোর গতিশক্তির বৃদ্ধি ঘটে ফলে গ্যাসের চাপেরও বৃদ্ধি ঘটে। দেয়ালের প্রতি বর্গ এককের ক্ষেত্রে গ্যাস অণুগুলো এভাবে যে বল প্রয়োগ করে, তাই হলো গ্যাসের চাপ।

ডালটনের আংশিক চাপ সূত্রের গাণিতিক প্রকাশ (Mathematical Expression of Dalton's Law of Partial Pressure) : মনে কর, কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় V আয়তনের একটি পাত্রের মধ্যে পরস্পর বিক্রিয়াহীন বিভিন্ন গ্যাসের যথাক্রমে n_1, n_2, n_3, ... মোল বর্তমান। গ্যাসগুলো প্রত্যেকে V আয়তন দখল করলে তাদের আংশিক চাপ যথাক্রমে P_1, P_2, P_3 ..... এবং গ্যাসসমূহের মোট চাপ, $P_{\text{মোট}}$।

∴ প্রথম গ্যাসের n_1 মোল স্থির তাপমাত্রায় V আয়তন দখল করে P_1 চাপ প্রয়োগ করে।

∴ আদর্শ গ্যাস সমীকরণ হতে লেখা যায় $P_1V = n_1RT$ ∴ $P_1 = n_1\left(\frac{RT}{V}\right)$ .....(i)

একইভাবে ২য় ও ৩য় প্রভৃতি গ্যাসের জন্য–

$P_2V = n_2RT$ ∴ $P_2 = n_2\left(\frac{RT}{V}\right)$ এবং $P_3V = n_3RT$ ∴ $P_3 = n_3\left(\frac{RT}{V}\right)$

∴ $P_1 + P_2 + P_3 + ... = n_1\left(\frac{RT}{V}\right) + n_2\left(\frac{RT}{V}\right) + n_3\left(\frac{RT}{V}\right) + ...$

বা, $P_1 + P_2 + P_3 + ... = \left(\frac{RT}{V}\right)(n_1 + n_2 + n_3 + ...)$

বা, $P_1 + P_2 + P_3 + ... = \frac{RT}{V}(n) = \frac{nRT}{V}$.

∴ $P_1 + P_2 + P_3 + ... = \left(\frac{nRT}{V}\right)$ .....(ii)

মনে রাখবে : খুব নিম্নচাপ এবং উচ্চ তাপমাত্রায় ডাল্টনের আংশিকচাপ সূত্র কার্যকর হয়। সাধারণ অবস্থায় গ্যাস অণুগুলোর মধ্যে পারস্পরিক আকর্ষণ বল বিদ্যমান থাকে। তাই সাধারণ অবস্থায় বাস্তব গ্যাসগুলো ডাল্টনের সূত্র মেনে চলে না।

আদর্শ গ্যাসে সমীকরণ হতে লেখা যায় $P_{(\text{মোট})} \times V = nRT$

∴ $P_{(\text{মোট})} = \left(\frac{nRT}{V}\right)$ .....(iii)

(ii) নং ও (iii) নং সমীকরণ হতে লেখা যায়, $P_{(\text{মোট})} = P_1 + P_2 + P_3 + ...$

এটিই ডালটনের আংশিক চাপ সূত্রের গাণিতিক প্রকাশ।

গ্যাসের আংশিক চাপ ও মোল ভগ্নাংশের সম্পর্ক (Relation between partial pressure and mole fraction) : মনে কর, স্থির তাপমাত্রায় V আয়তনের একটি পাত্রের মধ্যে পরস্পর বিক্রিয়াহীন অনেকগুলো গ্যাস মিশ্রিত আছে। মিশ্রণের প্রতিটি গ্যাসে এককভাবে ঐ V আয়তনের পাত্র পূর্ণ করে অবস্থান করছে। উপাদান গ্যাসগুলোর মোল সংখ্যা n_1, n_2, n_3 .....n_n এবং আংশিক চাপ যথাক্রমে P_1, P_2, P_3 .....P_n.

∴ পাত্রের মধ্যে গ্যাস মিশ্রণের মোল সংখ্যা = n_1, n_2, n_3 .....n_n = n

∴ প্রথম গ্যাসের ক্ষেত্রে : $P_1V = n_1RT$ ∴ $P_1 = n_1\left(\frac{RT}{V}\right)$ .....(i)

দ্বিতীয় গ্যাসের ক্ষেত্রে : $P_2V = n_2RT$ ∴ $P_2 = n_2\left(\frac{RT}{V}\right)$ ..... (ii)

তৃতীয় গ্যাসের ক্ষেত্রে : $P_3V = n_3RT$ ∴ $P_3 = n_3\left(\frac{RT}{V}\right)$ ..... (iii)

$P_nV = n_nRT$ ∴ $P_n = n_n\left(\frac{RT}{V}\right)$ ..... (iv)

∴ মোট চাপ, $P_{মোট} \times V = nRT$ ∴ $P_{মোট} = n\frac{RT}{V}$ ..... (v)

(i) নং সমীকরণকে (v) নং সমীকরণ দ্বারা ভাগ করলে পাওয়া যায়,

$\frac{P_1}{P_{মোট}} = \frac{n_1}{n}$ ∴ $P_1 = \frac{n_1}{n} \times P_{মোট}$

∴ এখানে, $\frac{n_1}{n} = \frac{\text{একটি উপাদানের মোল সংখ্যা}}{\text{সব উপাদানের মোল সংখ্যা}}$ = উপাদানের মোল ভগ্নাংশ

∴ $P_1 = P_{মোট} \times$ উপাদানের মোল ভগ্নাংশ

অর্থাৎ গ্যাস উপাদানের আংশিক চাপ = মোট চাপ × উপাদানের মোল ভগ্নাংশ

গ্যাস মিশ্রণের মধ্যে একটি গ্যাসীয় উপাদানের চাপের উপর অপর উপাদানের চাপ প্রভাবিত হলে ডাল্টনের আংশিক চাপ সূত্রটি কার্যকরী হয় না। এটি তখনই সম্ভব হয় যখন গ্যাস অণুগুলোর মধ্যে কোন আকর্ষণ বল থাকে না। বাস্তবে দেখা যায় সাধারণ অবস্থায় সমস্ত গ্যাস অণুগুলোর মধ্যেই পারস্পরিক আকর্ষণ বল বিদ্যমান।

মনে রাখবে : (i) মোল সংখ্যা = $\frac{\text{উপাদানের মোট পরিমাণ}}{\text{উপাদানের আণবিক ভর}}$ (ii) মোল ভগ্নাংশ = $\frac{\text{নিজের মোল সংখ্যা}}{\text{সামগ্রিক মোল সংখ্যা}}$

(iii) আংশিক চাপ = মোট চাপ × মোল ভগ্নাংশ

(iv) গ্যাস পাত্রকে নিজেদের মধ্যে যুক্ত করলে সকল পাত্রের আয়তনের সমষ্টিই গ্যাসের মোট আয়তন। আর ভিন্ন পাত্রে মিশ্রিত করলে ঐ পাত্রের আয়তনই মোট আয়তন।

(v) কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় ভিন্ন ভিন্ন গ্যাস এককে মিশ্রিত করে ভিন্ন তাপমাত্রায় নিয়ে গেলে চাপের পরিবর্তন ঘটে। এক্ষেত্রে তাপমাত্রার বৃদ্ধি বা হ্রাসের ফলে পাত্রের আয়তনের বৃদ্ধি বা হ্রাস খুবই নগণ্য। এক্ষেত্রে $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$ সমীকরণটিকে $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$ হিসেবে ধরা হয়ে থাকে। কারণ এক্ষেত্রে আয়তনের পরিবর্তন না ঘটায় $V_1 = V_2$.

চিন্তা করে উত্তর দাও – ১.১৬ :

১. স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট আয়তনের আবদ্ধপাত্রে নির্দিষ্ট ভরের $NH_3(g)$ ও $HCl(g)$ রক্ষিত আছে। এক্ষেত্রে ডাল্টনের আংশিক চাপ সূত্রটি প্রয়োগ করা যাবে কী?

২. একটি নির্দিষ্ট আয়তনের আবদ্ধ পাত্রে p atm চাপে সম-মোল পরিমাণ N_2 ও O_2 রক্ষিত আছে। যদি ঐ পাত্র থেকে N_2 কে বের করে দেয়া হয় তবে O_2 এর চাপের কী কোন পরিবর্তন ঘটবে?

৩. স্থির তাপমাত্রায় যদি নির্দিষ্ট ভরের কোনো গ্যাসের আয়তন প্রাথমিক আয়তনের $\frac{1}{8}$ করা হয় তবে গ্যাসের চাপের কী পরিবর্তন ঘটবে?

৪. একটি H_2 গ্যাস ভর্তি বেলুনকে আকাশে উড়ালে উচ্চতা বৃদ্ধির সাথে আকারের বৃদ্ধি ঘটে কেন?

৫. H_2 গ্যাস ভর্তি বেলুনকে আকাশে উড়ালে একটি নির্দিষ্ট উচ্চতায় ওঠে বেলুন স্থির হয়ে যায় কেন?

উদাহরণ ১ : কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একটি পাত্রে 99.99 kPa চাপে 450 cm^3 N_2 ও অপর একটি পাত্রে 250 kPa চাপে 500 cm^3 অক্সিজেন গ্যাস রক্ষিত আছে। পাত্র দুটিকে একটি সূক্ষ্ম সরু নল দ্বারা যুক্ত করে স্থির অবস্থায় আনা হলো। গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ গণনা কর। (সংযোগ নলের আয়তন নগণ্য)।

সমাধান : ডাল্টনের আংশিক চাপ সূত্র থেকে আমরা লিখতে পারি,

গ্যাস মিশ্রণে নাইট্রোজেনের আংশিক চাপ, $P_{N_2} = \frac{P_1 \times V_1}{(V_1 + V_2)} = \frac{99.99 \times 450}{(450 + 500)}$ kPa = 47.363 kPa

গ্যাস মিশ্রণে অক্সিজেনের আংশিক চাপ, $P_{O_2} = \frac{P_2 \times V_2}{(V_1 + V_2)} = \frac{250 \times 500 \text{ kPa}}{(450 + 500) \text{ kPa}} = 131.5784 \text{ kPa}$

$\therefore$ গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ, $P_{\text{মোট}} = (P_{N_2} + P_{O_2}) = (47.363 + 131.5784) \text{ kPa} = 178.9425 \text{ kPa}$

সুতরাং গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ 178.9425 kPa

উদাহরণ ২ : 30 °C তাপমাত্রায় 20 L আয়তনের একটি সিলিন্ডারে 4.0 g H_2 ও 8.0 g N_2 রাখা আছে। সিলিন্ডারের মধ্যে গ্যাসের চাপ কত?

সমাধান : হাইড্রোজেনের মোল সংখ্যা, $N_{H_2} = \frac{4}{2} = 2 \text{ mol}$; নাইট্রোজেনের মোল সংখ্যা, $N_{N_2} = \frac{8}{28} = 0.2857 \text{ mol}$

$\therefore$ পাত্রের মধ্যে সামগ্রিক মোল সংখ্যা, $n = (N_{H_2} + N_{N_2}) = (2 + 0.2857) = 2.2857 \text{ mol}$

$\therefore$ আদর্শ গ্যাস সমীকরণ থেকে পাই, $PV = nRT = (N_{H_2} + N_{N_2})RT$

$\therefore P = \frac{(N_{H_2} + N_{N_2})RT}{V} = \frac{2.2857 \times 0.0821 \times 303}{20} \text{ atm} = 2.84299 \text{ atm.}$

সিলিন্ডারের মধ্যে গ্যাসের চাপ 2.84299 atm।

নিজে কর – ১.১৭ :

১. দুটি পাত্রের একটিতে 99.99 kPa চাপে 550 cm^3 নাইট্রোজেন এবং অপরটিতে 150 kPa চাপে 500 cm^3 অক্সিজেন গ্যাস আছে। এখন পাত্র দুটি একটি সরু কাচ নল দিয়ে যুক্ত করলে গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ কত হবে? (কাচনলের আয়তন নগন্য) **উত্তর :** 123.803 kPa।

২. 99.99 kPa চাপে 500 cm^3 অক্সিজেন ও 79.99 kPa চাপে 250 cm^3 নাইট্রোজেন গ্যাস 1 dm^3 আয়তনের একটি শূন্য পাত্রে মিশানো হলো। মিশ্রণের মোট চাপ কত? **উত্তর :** 69.9925 kPa।

৩. 127 °C উষ্ণতায় 10 dm^3 আয়তনবিশিষ্ট সিলিন্ডারে 14 g নাইট্রোজেন ও 160 g অক্সিজেন গ্যাস ভর্তি আছে। গ্যাসগুলোকে আদর্শ মনে করে মিশ্রণের মোট চাপ বের কর। **উত্তর :** 18.062 atm।

৪. 15 °C তাপমাত্রায় ও 101 kPa চাপে পৃথকভাবে 100 cm^3 হাইড্রোজেন, 150 cm^3 নাইট্রোজেন এবং 40 cm^3 অক্সিজেন 250 cm^3 আয়তনের একটি শূন্য পাত্রের ভিতর মিশ্রিত করা হলো। 20 °C উষ্ণতায় এই মিশ্র পদার্থের চাপ কত হবে? **উত্তর :** 119.194 kPa।

৫. 27 °C উষ্ণতায় ও 99.95 kPa চাপে কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন 750 cm^3. 37°C উষ্ণতায় গ্যাসের আয়তন 150 cm^3 বৃদ্ধি করতে হলে চাপের কি পরিবর্তন করতে হবে? **উত্তর :** 13.8819 kPa হ্রাস করতে হবে।

৬. একটি পাত্রে তিন আয়তন নাইট্রোজেন ও দুই আয়তন ক্লোরিন একত্রে মিশানো হলো। ঐ সময়ে ব্যারোমিটারের চাপ 1 atm এবং মিশ্রণের চাপ ব্যারোমিটারের চাপের সমান হলে গ্যাস মিশ্রণের প্রতিটি গ্যাসের আংশিক চাপ কত? **উত্তর :** 0.6 atm এবং 0.4 atm।

৭. 4 g হাইড্রোজেন ও 8 g অক্সিজেন একটি 20 dm^3 আয়তনের শূন্য সিলিন্ডারে 27 °C উষ্ণতায় রক্ষিত আছে। পাত্রের অভ্যন্তরে মোট চাপ কত? পাত্রটি যদি সমআয়তনের ঘনক হয় তাহলে চাপের কী পরিবর্তন ঘটবে? **উত্তর :** 2.770875 atm।

৮. 37 °C তাপমাত্রায় একটি পাত্রে রক্ষিত কিছু পরিমাণ গ্যাসকে উত্তপ্ত করা হলো, যতক্ষণ পর্যন্ত না তার ভিতরের বায়ুর $^1/_3$ অংশ বের হয়ে যায়। পাত্রের আয়তন ও চাপ অপরিবর্তিত ছিল ধরে নিয়ে কত তাপমাত্রা পর্যন্ত পাত্রটিকে উত্তপ্ত করা হয়েছিল নির্ণয় কর। **উত্তর :** 192°C।

৯. 56 g N_2 ও 44 g CO_2 গ্যাসকে একটি পাত্রে মিশ্রিত করা হলো। গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ 303 kPa হলে মিশ্রণে N_2 ও CO_2 এর আংশিক চাপ নির্ণয় কর। **উত্তর :** P_{N_2} = 202 kPa, P_{CO_2} = 101 kPa।

১০. 11.2 g N_2 ধারণকৃত 15.0L এর একটি পাত্রকে একটি ভালবের মাধ্যমে 4.0 g O_2 ধারণকৃত 5.0L অপর একটি পাত্রের সাথে যুক্ত করা হলো। 27 °C তাপমাত্রায় গ্যাস মিশ্রণের প্রতিটি গ্যাসের আংশিক চাপ ও মোট চাপ নির্ণয় কর।

উত্তর : $P_{N_2} = 0.4926 \text{ atm}$, $P_{O_2} = 0.1539375 \text{ atm}$, $P_{\text{মোট}} = 0.6465375 \text{ atm}$।

১১. 10 L আয়তনের একটি পাত্রে 0.8g He, 3.2 g O_2 ও 2.8 g N_2 রক্ষিত আছে। 27 °C তাপমাত্রায় পাত্রে গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ ও He এর আংশিক চাপ নির্ণয় কর। **উত্তর :** $P_{\text{মোট}} = 0.9852 \text{ atm}$, $P_{He} = 0.4926 \text{ atm}$।

১২. 27 °C তাপমাত্রায় একটি পাত্রের প্রতি সি সি তে 5.25×10^{10} সংখ্যক অণু বর্তমান থাকলে এর চাপ নির্ণয় কর।
উত্তর : 2.146895×10^{-9} atm।

১৩. 25 °C তাপমাত্রায় একটি LPG গ্যাস সিলিন্ডারের প্রতি সিসিতে 4.65×10^{20} সংখ্যক বিউটেন অণু বর্তমান থাকলে গ্যাস সিলিন্ডারের চাপ নির্ণয় কর। **উত্তর :** 18.888588 atm।

১৪. 27 °C তাপমাত্রায় 4.20 g N_2 ভর্তি 15.0L এর একটি পাত্রকে সূক্ষ্ম সংযোগ নল দ্বারা 8.0 g O_2 ভর্তি 5.0 L অপর একটি পাত্রের সাথে যুক্ত করা হলো। পাত্রদ্বয়কে 37 °C তাপমাত্রায় উন্নীত করা হলে প্রতিটি গ্যাসের আংশিক চাপ ও মোট চাপ নির্ণয় কর। **উত্তর :** $P_{N_2} = 0.1908825$ atm, $P_{O_2} = 0.3181375$ atm, $P_{মোট} = 0.50902$ atm।

১৫. একটি H_2 গ্যাস ভর্তি সিলিন্ডারে গ্যাসের চাপ 15 atm এক তৃতীয়াংশ আয়তনের অপর একটি H_2 গ্যাস সিলিন্ডারের চাপ 3 atm. সিলিন্ডার দুটিকে সূক্ষ্ম সংযোগ নল দ্বারা যুক্ত করা হলো। সিলিন্ডার দুটিতে মিশ্র গ্যাসের চাপ নির্ণয় কর। **উত্তর :** 12 atm।

১৬. 25 °C তাপমাত্রায় একটি 850 cm^3 ফ্লাস্কে 4 g H_2 এবং 4g হিলিয়াম রাখা আছে। প্রত্যেকটি গ্যাসের আংশিক চাপ এবং গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ নির্ণয় কর। **উত্তর :** $P_{H_2} = 57.56658$ atm, $P_{He} = 28.78329$ atm, $P_{মোট} = 86.34988$ atm।

১৭. আয়তন অনুসারে বায়ুতে 20% O_2 ও 80% N_2 গ্যাস বর্তমান থাকে। তবে যে স্থানে বায়ুর চাপ 99.9 kPa সেখানে O_2 ও N_2 এর আংশিক চাপ নির্ণয় কর। **উত্তর :** $P_{O_2} = 19.98$ kPa, $P_{N_2} = 79.92$ kPa।

১৮. একটি আবদ্ধ পাত্রে সমমোলার N_2 ও O_2 গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ বায়ুমণ্ডলীয় চাপের সমান। উপাদান দুটির আংশিক চাপ নির্ণয় কর। **উত্তর :** $P_{N_2} = 380$ mm, $P_{O_2} = 380$ mm।

১৯. 25 °C তাপমাত্রায় ও 101 kPa চাপে পৃথকভাবে 100 cm^3 H_2, 50 cm^3 N_2 ও 40 cm^3 O_2 গ্যাসকে 250 cm^3 আয়তনের একটি শূন্যপাত্রে মিশ্রিত করা হলো। অতঃপর পাত্রটিকে উত্তপ্ত করে 30°C তাপমাত্রায় নেওয়া হলো। এ তাপমাত্রায় মোট চাপ নির্ণয় কর। **উত্তর :** মোট চাপ 78.04779 kPa।

২০. 25 °C তাপমাত্রায় একটি শূন্য পাত্রে 2g A গ্যাস প্রবেশ করালে চাপ 1 atm হয়। এ অবস্থায় ঐ পাত্রের মধ্যে B অপর একটি গ্যাসের 3g প্রবেশ করালে গ্যাসের চাপ 0.5 atm বৃদ্ধি পায়। A ও B গ্যাসের আণবিক ভরের অনুপাত নির্ণয় কর।
উত্তর : A ও B গ্যাসের আণবিক ভরের অনুপাত 1 ঃ 3।

২১. 3.5 g N_2 গ্যাস ভর্তি 8 dm^3 আয়তনের একটি পাত্রকে 6.0 g O_2 গ্যাস ভর্তি 12 dm^3 আয়তনের অপর একটি পাত্রের সাথে সূক্ষ্ম নল দ্বারা যুক্ত করা হলো। 27°C তাপমাত্রায় গ্যাস মিশ্রণে প্রতিটি গ্যাসের আংশিক চাপ ও মোট চাপ নির্ণয় কর।
উত্তর : $P_{N_2} = 1.539 \times 10^{-1}$ atm; $P_{O_2} = 2.309 \times 10^{-1}$ atm; $P_{মোট} = 3.848 \times 10^{-1}$ atm।

১.৩.৭.২ : গ্যাসের চাপ, তাপমাত্রা ও ঘনত্বের মধ্যে সম্পর্ক :

আদর্শ গ্যাস সমীকরণ হতে $PV = nRT = \frac{g}{M}RT$; $\therefore P = \frac{g}{V} \times \frac{RT}{M} = \frac{dRT}{M}$, এখানে $\frac{g}{V} = \frac{\text{ভর}}{\text{আয়তন}} = \text{ঘনত্ব} = d$.

$\therefore dRT = PM$; $d = \left(\frac{M}{R}\right) \times \left(\frac{P}{T}\right)$ এখানে $\frac{M}{R} = \text{ধ্রুবক}$; $\therefore d \propto \frac{P}{T}$ ..... (i)

যদি কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাস P_1 চাপে ও T_1 পরম তাপমাত্রায় ঘনত্ব d_1 এবং P_2 চাপেও T_2 পরম তাপমাত্রায় ঘনত্ব d_2 হয়, তবে (i) নং সমীকরণ থেকে লেখা যায়,

$d_1 \propto \frac{P_1}{T_1}$ এবং $d_2 \propto \frac{P_2}{T_2}$; $\therefore \frac{d_1}{d_2} = \frac{P_1T_2}{P_2T_1}$ $\therefore \frac{P_1}{d_1T_1} = \frac{P_2}{d_2T_2}$ ..... (ii)

কোন নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে একটি নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের ঘনত্ব জানা থাকলে অপর একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রা এ চাপে গ্যাসটির ঘনত্ব নির্ণয় করা যায়।

নিজে কর – ১.১৮ :
১. STP তে NO_2 গ্যাসের ঘনত্ব 2.05 g L^{-1}। 17 °C তাপমাত্রা ও 106.6579 kPa চাপে 480 cm^3 NO_2 গ্যাসের ভর নির্ণয় কর। **উত্তর :** 0.9725 g।
২. STP তে CO_2 গ্যাসের ঘনত্ব 2.04 g L^{-1}। 25 °C তাপমাত্রা ও 750 mm (Hg) চাপে 850 cm^3 CO_2 এর ভর কত? **উত্তর :** 1.5676 g।

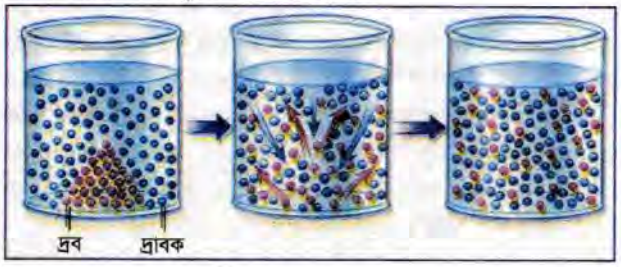
১.৩.৮ | গ্রাহামের ব্যাপন সূত্র (Graham's Law of gas diffusion)

গ্রাহামের ব্যাপন সূত্র আলোচনা করার পূর্বে আসলে ব্যাপন এবং নিঃসরণ বিষয়টি নিয়ে একটু আলোচনা করা প্রয়োজন।

১.৩.৮.১ : ব্যাপন (Diffusion) :

রাসায়নিকভাবে পরস্পরের সাথে বিক্রিয়া করে না এমন একাধিক গ্যাস যেকোনো অনুপাতে পরিব্যাপ্ত হয়ে সমসত্ত্ব মিশ্রণ সৃষ্টি করে থাকে। অসম ঘনত্ববিশিষ্ট একটি গ্যাস বা তরল অপর গ্যাসের বা তরলের মধ্যে স্বাভাবিক ও স্বতঃস্ফূর্ত অনু প্রবেশকে ব্যাপন বলা হয়ে থাকে। গ্যাসের ক্ষেত্রে যতক্ষণ পর্যন্ত উভয় গ্যাসের চাপ সমান না হয় ততক্ষণ পর্যন্ত উচ্চচাপের অঞ্চল থেকে নিম্নচাপের অঞ্চলের দিকে গ্যাস অণুসমূহ স্থানান্তরিত হতে থাকে। রাতের বেলা তোমার বেডরুমের এক কোণে ফুলদানিতে রজনী গন্ধা ফুলের তোড়া অথবা বেলী বা দোলনচাপা ফুলের মালা রেখে দাও।

কিছুক্ষণের মধ্যে দেখতে পাবে পুরোটা রুম কী সুন্দর ফুলের সুবাস ছড়িয়ে পড়ছে। এটি কিন্তু ব্যাপন প্রক্রিয়া। বাস্তবতা হলো ফুলের পাপড়ির মধ্যে বর্তমান সুগন্ধিযুক্ত উপাদানের অণুগুলো গ্যাসীয় অবস্থায় রুমের সর্বত্র ধীরে ধীরে ছড়িয়ে পড়ে। অর্থাৎ গ্যাসে অণুগুলোর মধ্যে ব্যাপন ঘটে এবং এর কিছু অণু নাকে প্রবেশ করায় সুগন্ধ অনুভব করতে পারছো।

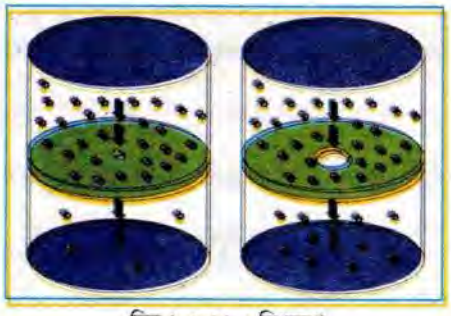


চিত্র ১.৩.২৫ : ব্যাপন

একটি পরিষ্কার কাচের পাত্রের মধ্যে পানি নাও। এবার তুঁতের ($CuSO_4.5H_2O$) এর ক্ষুদ্র দানা পানির মধ্যে ছিটিয়ে দাও। দেখবে পানির বর্ণ কীভাবে নীল বর্ণ ধারণ করবে (চিত্র ১.৩.২৫)।

১.৩.৮.২ : নিঃসরণ বা অনুব্যাপন (Effusion) :

বাহ্যিক চাপের প্রভাবে পাত্রের সূক্ষ্ম ছিদ্রপথ দিয়ে কোনো উপাদানের একমুখী বের হওয়ার প্রক্রিয়াকে নিঃসরণ বা অনুব্যাপন করা হয়ে থাকে। দেশের যেসব অঞ্চলে গ্যাস সঞ্চালন করা হয়েছে সেসব অঞ্চলের সঞ্চালন পাইপ লাইনে কোথাও ছিদ্র হয়ে গেলে প্রচণ্ড চাপে গ্যাস বেরিয়ে আসে। এটি অবশ্যই নিঃসরণ। নিঃসরণ একটি কৃত্রিম ও অপেক্ষাকৃত দ্রুতগতি সম্পন্ন প্রক্রিয়া। এক্ষেত্রে কেবল উচ্চচাপ যুক্ত গ্যাসটি নিম্নচাপের গ্যাসের মধ্যে ব্যাপিত হয় (চিত্র ১.৩.২৬)। বেলুনে গ্যাস ভরার সময় বেলুন ফেটে যাওয়া, রিক্সার চাকা, গাড়ির চাকা, ট্রাকের চাকা হঠাৎ ফেটে যাওয়া সবই নিঃসরণ। শিক্ষার্থী বন্ধুরা তোমরা নিশ্চয়ই ব্যাপন ও নিঃসরণ সম্পর্কে ধারণা লাভ করেছ। তাহলে তোমরা নিজেরা ব্যাপন ও নিঃসরণের কিছু বাস্তব ঘটনা পরীক্ষা ও পর্যবেক্ষণ করে এ দুই প্রক্রিয়ার মধ্যে একটি পার্থক্যসূচক ছক তৈরি করে শ্রেণি শিক্ষককে দেখাও।



চিত্র ১.৩.২৬ : নিঃসরণ

১.৩.৮.৩ : ব্যাপনের হার (Rate of Diffusion) :

স্থির তাপমাত্রায় কোনো একটি পাত্রের সূক্ষ্ম ছিদ্রপথ দিয়ে প্রতি সেকেন্ডে যে পরিমাণ গ্যাস নির্গত হয়, তাকে ঐ গ্যাসটির ব্যাপনের হার বলা হয়।

মনে কর, কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একটি পাত্রের সূক্ষ্ম ছিদ্রপথ দিয়ে t সেকেন্ডে V cm^3 গ্যাস নির্গত হলো।

$\therefore$ গ্যাসটির ব্যাপনের হার, $r = \frac{V}{t}\ cm^3\ s^{-1}$. $\therefore$ ব্যাপনের হার $= \frac{\text{নির্গত গ্যাসের আয়তন}}{\text{সময়}}$

যেকোনো গ্যাসের ব্যাপনের হার তার তাপমাত্রা, চাপ ও ঘনত্বের উপর নির্ভর করে। তাপমাত্রা ও চাপ বৃদ্ধি পেলে গ্যাসের ব্যাপনের হার বৃদ্ধি পায়। আবার তাপমাত্রা ও চাপ হ্রাস পেলে গ্যাসের ব্যাপনের হারের হ্রাস ঘটে।

১.৩.৮.৪ : ব্যাপনের সূত্র (Law of Diffusion) :

ব্যাপন ও নিঃসরণের হারের উপর বিজ্ঞানী টমাস গ্রাহাম (Thomas Graham) অনেক পরীক্ষা-নিরীক্ষা করে সিদ্ধান্তে উপনীত হলেন যে, কোনো গ্যাসের ব্যাপনের হার বা নিঃসরণের হার ঐ গ্যাসের ঘনত্বের উপর নির্ভর করে এবং যে গ্যাস যতো বেশি ভারী তার ব্যাপনের হার বা নিঃসরণের হার ততো কম। গ্যাসের ঘনত্ব বৃদ্ধি পেলে ব্যাপনের হার হ্রাস পায়। তাঁর এ পরীক্ষালব্ধ ফলাফলকে 1829 সালে তিনি সূত্র আকারে প্রকাশ করেন। এটিই গ্রাহামের ব্যাপন সূত্র নামে পরিচিত। সূত্রটি এরূপ– "নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে কোনো গ্যাসের ব্যাপনের হার তার ঘনত্বের বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক। যদি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো গ্যাসের ঘনত্ব d এবং গ্যাসের ব্যাপনের হার r হয়, তবে এ সূত্রানুসারে–

$r \propto \frac{1}{\sqrt{d}}$, বা, $r = K\frac{1}{\sqrt{d}}$ এখানে K একটি ধ্রুবক।

মনে কর, A ও B দুটি গ্যাস। গ্যাস দুটি একই অবস্থায় নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একটি পাত্রের একই ছিদ্রপথ দিয়ে পরিব্যাপ্ত হয়। A গ্যাসের ব্যাপনের হার r_1 এবং ঘনত্ব d_1। B গ্যাসের ব্যাপনের হার r_2 এবং ঘনত্ব d_2।

$\therefore$ A গ্যাসের ব্যাপনের হার, $r_1 \propto \frac{1}{\sqrt{d_1}}$ $\therefore r_1 = K\frac{1}{\sqrt{d_1}}$ ..... (i)

$\therefore$ B গ্যাসের ব্যাপনের হার, $r_2 \propto \frac{1}{\sqrt{d_2}}$ $\therefore r_2 = K\frac{1}{\sqrt{d_2}}$ ..... (ii)

(i) নং সমীকরণকে (ii) নং সমীকরণ দ্বারা ভাগ করলে, $\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{d_2}{d_1}} = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^{\frac{1}{2}}$ .....(iii)

যদি A গ্যাসের আণবিক ভর M_1 ও মোলার আয়তন V_1 হয় এবং B গ্যাসের আণবিক ভর M_2 ও মোলার আয়তন V_2 হয় তবে, A গ্যাসের ঘনত্ব, $d_1 = \frac{M_1}{V_1}$ এবং B গ্যাসের ঘনত্ব, $d_2 = \frac{M_2}{V_2}$.

তোমরা জান, একই তাপমাত্রা ও চাপে সকল গ্যাসের মোলার আয়তন সমান। তাই $V_1 = V_2 = V$

$\therefore$ $\frac{r_1}{r_2} = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{M_2/V}{M_1/V}\right)^{1/2} = \left(\frac{M_2}{M_1}\right)^{\frac{1}{2}}$ $\therefore \frac{r_1}{r_2} = \left(\frac{M_2}{M_1}\right)^{\frac{1}{2}}$ .....(iv)

এ সমীকরণ ব্যবহার করে অজ্ঞাত গ্যাসের আণবিক ভর নির্ণয় করা যায়। এখন মনে কর, নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একই সূক্ষ্ম ছিদ্রপথ দিয়ে A ও B দুটি গ্যাসের একই V cm^3 পরিমাণ গ্যাস দুটির নিঃসরণ হতে সময় লাগে যথাক্রমে t_1 ও t_2 সেকেন্ড।

A গ্যাসের ক্ষেত্রে, t_1 সেকেন্ডে পরিব্যাপ্ত হয় V cm^3 গ্যাস

$\therefore$ 1 সেকেন্ডে পরিব্যাপ্ত হয় $\frac{V}{t_1}$ cm^3 গ্যাস, $\therefore$ A গ্যাসের ব্যাপনের হার, $r_1 = \frac{V}{t_1}\ cm^3 \cdot s^{-1}$

B গ্যাসের ক্ষেত্রে, t_2 সেকেন্ডে পরিব্যাপ্ত হয় V cm^3 গ্যাস

$\therefore$ 1 সেকেন্ডে পরিব্যাপ্ত হয় $\frac{V}{t_2}$ cm^3 গ্যাস $\therefore$ B গ্যাসের ব্যাপনের হার, $r_2 = \frac{V}{t_2}\ cm^3 \cdot s^{-1}$

$\therefore$ $\frac{r_1}{r_2} = \frac{V/t_1}{V/t_2} = \frac{t_2}{t_1}$ $\therefore \frac{r_1}{r_2} = \frac{t_2}{t_1}$ ..... (v)

$\therefore$ সামগ্রিকভাবে লেখা যায়, $\frac{r_1}{r_2} = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{M_2}{M_1}\right)^{\frac{1}{2}} = \frac{t_2}{t_1}$ ..... (vi)

(vi) নং সমীকরণটিই গ্রাহামের ব্যাপন সূত্রের গাণিতিক রূপ।

ব্যাপনের সূত্রের উচ্চতর ব্যবহারিক প্রয়োগ : প্রকৃতিতে ইউরেনিয়ামের আইসোটোপ $^{235}_{92}U$ 0.7% এবং $^{238}_{92}U$ 99.3% হিসেবে বর্তমান থাকে। তবে পারমাণবিক চুল্লীতে জ্বালানি হিসেবে $^{235}_{92}U$ এর ব্যবহার দেখা যায়। $^{235}UF_6$ $(235 + 19 \times 6 = 349)$ এর ব্যাপনের হার $^{238}UF_6$ $(238 + 19 \times 6 = 352)$ এর ব্যাপনের হারের চেয়ে অধিক হওয়ায় $^{235}UF_6$ কে পৃথক করা সম্ভব হয়। সছিদ্র বায়ু ছাকনির মাধ্যমে গ্যাসীয় $^{235}UF_6$ কে পৃথক করে নেয়া হয়। $^{235}UF_6$ এর ব্যাপনের হার $^{238}UF_6$ এর চেয়ে 1.004288 গুণ বেশি।

মনে রাখবে : উচ্চ চাপে থাকা গ্যাস ব্যাপিত হলে ব্যাপন প্রক্রিয়ায় গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তির হ্রাস ঘটে এবং গ্যাস ঠাণ্ডা হয়ে পড়ে। উচ্চচাপ হতে নিম্নচাপ স্থানে গ্যাসের ব্যাপন ঘটার সময় গ্যাসের সম্প্রসারণ ঘটে। এ সম্প্রসারণ গ্যাস অণুগুলোর পারস্পরিক আকর্ষণ বলের বিরুদ্ধে হয়। গ্যাস অণুগুলোর মধ্যকার পারস্পরিক আকর্ষণ বলের প্রভাব কাটিয়ে উঠার জন্য প্রয়োজনীয় শক্তি গ্যাস অণুগুলোর অভ্যন্তরীণ শক্তি হতে সংগ্রহ করে থাকে।

চিন্তা করে উত্তর দাও – ১.১৯ :

১. $NH_3(g)$ এর ব্যাপনের হার $CO_2(g)$ এর তুলনায় 1.6088 গুণ অধিক। উক্তির যথার্থতা ব্যাখ্যা দাও।
২. হাইড্রোজেন গ্যাস ভর্তি বেলুন এক দুই দিন পরেই চুপসে যায় কেন?
৩. H_2 গ্যাস ভর্তি বেলুনকে আকাশে উড়িয়ে দিলে উচ্চতা বৃদ্ধির সাথে এর আকারের কী কোনো পরিবর্তন ঘটবে? ঘটলে কেন?
৪. গায়ে বডি স্প্রে বা আতর দিলে পাশে ব্যক্তি সুগন্ধি অনুভব করে থাকে। গ্যাসের কোন ধর্ম এজন্য দায়ী?
৫. আর্দ্র বায়ু ও শুষ্ক বায়ুর মধ্যে কোনটির ব্যাপনের হার বেশি?
৬. শুষ্ক গ্যাস অপেক্ষা আর্দ্র গ্যাসের চাপ বেশি কেন?
৭. রান্না ঘরের গ্যাস লিক করলে যে গন্ধ পাওয়া যায় তা গ্যাসের কোন ধর্মের জন্য ঘটে থাকে?
৮. প্রতিবেশীর বাড়িতে ইলিশ মাছ বা শুটকি মাছ রান্না করলে তার ঘ্রাণ আমাদের নাকে পৌঁছায়– গ্যাসের কোন ধর্মের জন্য?

উদাহরণ ১ : একই আয়তনের একটি অজ্ঞাত গ্যাস ও অক্সিজেন একই উষ্ণতা ও চাপে একটি ছিদ্র পথ দিয়ে নিঃসরণ হতে সময় নেয় যথাক্রমে 70 সেকেন্ড ও এক মিনিট। অজ্ঞাত গ্যাসের আণবিক ভর নির্ণয় কর।

সমাধান : মনে করি, V cm^3 গ্যাস পরিব্যাপ্ত হয় এবং অজ্ঞাত গ্যাসের আণবিক ভর M_1।

অজ্ঞাত গ্যাসের ক্ষেত্রে, 70 সেকেন্ডে পরিব্যাপ্ত হয় V cm^3 অজ্ঞাত গ্যাস

$\therefore$ 1 সেকেন্ডে পরিব্যাপ্ত হয় $\frac{V}{70}$ cm^3 অজ্ঞাত গ্যাস; $\therefore$ অজ্ঞাত গ্যাসের ব্যাপনের হার, $r_1 = \frac{V}{70}$ $cm^3\ s^{-1}$

অক্সিজেনের ক্ষেত্রে, 1 মিনিট বা 60 সেকেন্ডে পরিব্যাপ্ত হয় V cm^3 O_2 গ্যাস

$\therefore$ 1 সেকেন্ডে পরিব্যাপ্ত হয় $\frac{V}{60}$ cm^3 O_2 গ্যাস; $\therefore$ অক্সিজেনের ব্যাপনের হার, $r_{O_2} = \frac{V}{60}$ $cm^3\ s^{-1}$

গ্রাহামের ব্যাপন সূত্রের গাণিতিক ব্যাখ্যা হতে আমরা পাই,

$$\frac{r_1}{r_{O_2}} = \left(\frac{M_{O_2}}{M_1}\right)^{\frac{1}{2}} \quad \text{বা,} \left(\frac{V/70}{V/60}\right)^2 = \frac{32}{M_1} \quad \text{বা,} \left(\frac{60}{70}\right)^2 = \frac{32}{M_1}; \quad \text{বা,} 0.73469 = \frac{32}{M_1} \therefore M_1 = \frac{32}{0.73469} = 43.5556$$

$\therefore$ অজ্ঞাত গ্যাসের আণবিক ভর = 43.5556।

উদাহরণ ২ : 30 °C তাপমাত্রায় 99.99 kPa চাপে একটি পাত্রের সূক্ষ্ম ছিদ্রপথ দিয়ে 5 মিনিটে 12.5 dm^3 NH_3 গ্যাস নির্গত হলে একই সময়ে ঐ ছিদ্রপথ দিয়ে একই অবস্থায় কী পরিমাণ H_2S গ্যাস নির্গত হবে?

সমাধান : NH_3 এর আণবিক ভর 17 এবং H_2S এর আণবিক ভর 34.

5 মিনিট বা 300 সেকেন্ডে পরিব্যাপ্ত হয় 12.5 dm^3 NH_3 বা, 12.5×10^3 cm^3 NH_3

$\therefore$ 1 সেকেন্ডে পরিব্যাপ্ত হয় $= \frac{12.5 \times 10^3}{300} = 41.6667$ cm^3 NH_3

$\therefore$ NH_3-এর ব্যাপনের হার, $r_{NH_3} = 41.6667\ cm^3 \cdot s^{-1}$

ধরি, H_2S-এর ব্যাপনের হার = r_{H_2S}

∴ গ্রাহামের ব্যাপন সূত্র হতে আমরা পাই, $\frac{r_{NH_3}}{r_{H_2S}} = \left(\frac{M_{H_2S}}{M_{NH_3}}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{34}{17}\right)^{\frac{1}{2}} = 1.37198$

$$\therefore r_{H_2S} = \frac{r_{NH_3}}{1.37198} = \frac{41.6667}{1.37198} = 30.36976$$

∴ H_2S এর ব্যাপনের হার $30.36976\ cm^3\ s^{-1}$

∴ 5 মিনিটে পরিব্যাপ্ত H_2S এর পরিমাণ = $30.36976 \times 300 = 9110.928\ cm^3 = 9.11093\ dm^3$.

একই সময়ে ঐ ছিদ্রপথ দিয়ে একই অবস্থায় $9.11093\ dm^3$ H_2S গ্যাস পরিব্যাপ্ত হবে।

নিজে কর – ১.২০ :

১. একই আয়তনের একটি অজ্ঞাত গ্যাস ও CO_2 এর পরিব্যাপ্ত হতে সময় লাগে যথাক্রমে 146 সেকেন্ড ও 115 সেকেন্ড। অজ্ঞাত গ্যাসের আণবিক ভর নির্ণয় কর। **উত্তর :** 70.919।

২. যদি কোনো গ্যাস অক্সিজেন অপেক্ষা অর্ধগতিতে পরিব্যাপ্ত হয় তবে গ্যাসটির আণবিক ভর নির্ণয় কর। **উত্তর :** 128।

৩. একই উষ্ণতা ও চাপে নাইট্রোজেন অপেক্ষা হাইড্রোজেনের ব্যাপনের হার কতগুণ বেশি? **উত্তর :** 3.7417 গুণ।

৪. একই অবস্থায় $57\ cm^3$ H_2 ও $10\ cm^3$ অজ্ঞাত গ্যাসের একটি স্বছিদ্র দেয়াল অতিক্রম করতে সমান সময় লাগে। অজানা গ্যাসের আণবিক ভর নির্ণয় কর। **উত্তর :** 64.98।

৫. কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একটি সূক্ষ্ম ছিদ্রপথ দিয়ে 30 সেকেন্ডে $16\ m^3$ হাইড্রোজেন গ্যাস পরিব্যাপ্ত হয়। একই অবস্থায় SO_2 এর কত আয়তন ব্যাপন প্রক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করবে? **উত্তর :** $2.828427\ m^3$।

৬. প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে রসায়ন গবেষণাগারের 1 নং ভেন্টিলেটর দিয়ে 5 মিনিট সময়ে $1\ dm^3$ H_2 গ্যাস নিঃসরণ হলে, একই অবস্থায় ঐ পথ দিয়ে কী পরিমাণ O_2, NH_3, CO_2 ও H_2S গ্যাস পরিব্যাপ্ত হবে। ব্যাপনের হারের উচ্চ হতে নিম্ন ক্রমানুসারে গ্যাসগুলোকে সাজাও। **উত্তর :** $O_2 = 0.25\ dm^3$, $NH_3 = 0.343\ dm^3$, $CO_2 = 0.2132\ dm^3$, $H_2S = 0.242535\ dm^3$, ব্যাপনের হারের ক্রম, $r_{H_2} > r_{NH_3} > r_{O_2} > r_{H_2S} > r_{CO_2}$

৭. 35°C তাপমাত্রায় রসায়ন গবেষণাগারের 2 নং ভেন্টিলেটর দিয়ে 1.5 ঘণ্টায় $20\ dm^3$ H_2S গ্যাস নির্গত হলে একই অবস্থায় একই সময়ে ঐ ভেন্টিলেটর দিয়ে কী পরিমাণ NH_3, CO_2 ও SO_2 গ্যাস নির্গত হবে?

উত্তর : $NH_3 = 28.28427\ dm^3$, $CO_2 = 17.58098\ dm^3$, $SO_2 = 14.5774\ dm^3$।

৮. একই অবস্থায় $57\ cm^3$ H_2 গ্যাস ও $19.55\ cm^3$ অজ্ঞাত একটি গ্যাস সছিদ্র দেয়াল অতিক্রম করতে সমান সময় লাগলে অজ্ঞাত গ্যাসের আণবিক ভর কত? **উত্তর :** 17.

৯. কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে একটি সূক্ষ্ম ছিদ্রপথ দিয়ে $100\ cm^3$ O_2 পরিব্যাপ্ত হতে 160 সেকেন্ড সময় লাগে। একই অবস্থায় একই পথ দিয়ে একই আয়তনের CO_2 গ্যাস পরিব্যাপ্ত হতে কত সময়ের প্রয়োজন? **উত্তর :** 187.6166 সেকেন্ড।

১০. একটি পাত্রের সূক্ষ্ম ছিদ্র দিয়ে প্রমাণ অবস্থায় 50 সেকেন্ড সময়ে 0.10 moL N_2 গ্যাস ব্যাপিত হয়। একই অবস্থায় একই ছিদ্র পথ দিয়ে সমপরিমাণ H_2, O_2 ও Cl_2 গ্যাস ব্যাপিত হতে কত সময়ের প্রয়োজন?

উত্তর : H_2 = 13.363 সেকেন্ড, O_2 = 53.452 সেকেন্ড, Cl_2 = 79.62 সেকেন্ড।

১১. 37 °C তাপমাত্রায় 1.15 atm চাপে একটি পাত্রের সূক্ষ্ম ছিদ্র পথ দিয়ে 20 মিনিটে 5.5 g CO_2 গ্যাস ব্যাপিত হয়। একই অবস্থায় সম পরিমাণ He গ্যাস ব্যাপিত হতে কত সময়ের প্রয়োজন? **উত্তর :** 1 ঘণ্টা 6 মিনিট 19.956 সেকেন্ড।

১২. দুটি গ্যাসের আণবিক ভর যথাক্রমে 17 ও 44। প্রমাণ অবস্থায় একটি সূক্ষ্ম ছিদ্র দিয়ে প্রথম গ্যাসটি প্রতি সেকেন্ডে $30\ cm^3$ নিঃসরণ হলে 10 মিনিটে দ্বিতীয় গ্যাসের কত আয়তনের নিঃসরণ ঘটবে? **উত্তর :** $11.18846\ dm^3$।

১৩. 37 °C তাপমাত্রা ও 1.15 atm চাপে একটি পাত্রের সূক্ষ্ম ছিদ্র দিয়ে 20 মিনিটে 5.5 g CO_2 গ্যাস ব্যাপিত হলে একই অবস্থায় সমপরিমাণ He গ্যাস ব্যাপিত হতে কত সময়ের প্রয়োজন? **উত্তর :** 1 ঘণ্টা 6 মিনিট 19.95 সেকেন্ড।

১.৪ শিক্ষার্থীর কাজ : বয়েল এবং চার্লস সূত্র সম্পর্কিত পরীক্ষা

(Work for Students : Boyel & Charles Law related Experiment)

● বয়েলের সূত্র সম্পর্কিত পরীক্ষা ●

সাধারণ একটা পরীক্ষার মাধ্যমে এটি সম্পন্ন করা যায়। তিনটি সমান আয়তনের একই সিরিঞ্জ নাও। সিরিঞ্জের সামনের দিকের মুখ বন্ধ করে দাও। এবার সিরিঞ্জ তিনটিকে একটি টেস্টটিউব হোল্ডারে রেখে দেখ সিরিঞ্জের ভিতরের বায়ুর আয়তন একই আছে কি না। সিরিঞ্জের মধ্যে বায়ুর আয়তন একই থাকতে হবে।

এবার প্রথম সিরিঞ্জের পিস্টনের উপর 5 টি এক টাকার কয়েন, দ্বিতীয় সিরিঞ্জের পিস্টনের উপর সমান ওজনের 10 টি কয়েন এবং তৃতীয় সিরিঞ্জের পিস্টনের উপর সমান ওজনের 20 টি কয়েন সাবধানে রেখে খেয়াল কর সিরিঞ্জের ভিতরে গ্যাসের আয়তন কয়েনের সংখ্যার আনুপাতিক হারে কমে গিয়েছে। এ পরীক্ষা থেকে তোমরা কী সিদ্ধান্ত নিতে পার। প্রতিটি কয়েনের ভর সমান তাই সিরিঞ্জের উপর কয়েনের সংখ্যা বৃদ্ধি সিরিঞ্জের মধ্যে রাখা বায়ুর উপর চাপ বৃদ্ধির সমানুপাতিক। চাপ বৃদ্ধির সাথে সাথে গ্যাসের আয়তনেরও হ্রাস ঘটেছে। তাহলে শেষ সিদ্ধান্ত কী হতে পারে- তাপমাত্রা স্থির রেখে গ্যাসের উপর যে হারে চাপ বাড়ানো যায় ঠিক সে হারেই গ্যাসের আয়তন কমে যায়। প্রতিটি ক্ষেত্রেই PV এর গুণফল ধ্রুবক।

বয়েলের সূত্রের গাণিতিক পরীক্ষামূলক প্রমাণ বয়েলের সূত্রের পরীক্ষামূলক প্রমাণের জন্য নির্দিষ্ট ভরের একটি গ্যাস নিয়ে স্থির তাপমাত্রায় বিভিন্ন চাপে গ্যাসের আয়তন পরিমাপ কর। এবার যদি তোমরা দেখতে পাও প্রতিটি চাপের ক্ষেত্রেই PV এর মান ধ্রুবক, তাহলেই কেবলমাত্র বয়েলের সূত্রের সত্যতা প্রমাণিত হবে। 0°C তাপমাত্রায় 1 মোল O_2 গ্যাসকে নিয়ে বিভিন্ন চাপে এর আয়তন নির্ণয় করে PV এর পরীক্ষামূলক মানগুলোকে নিচের ছকে বসাও :

পাঠ সংখ্যা	তাপমাত্রা °C	O_2 গ্যাসের পরিমাণ (mol)	আরোপিত চাপ (atm)	প্রাপ্ত আয়তন (L)	PV (atm – L)
1	0	1	1	22.4	22.4
2	0	1	5	4.48	22.4
3	0	1	10	2.24	22.4
4	0	1	20	1.12	22.4
5	0	1	25	0.896	22.4

এ ছক হতে দেখা যায়, চাপের প্রতিটি মানের ক্ষেত্রে স্থির তাপমাত্রায় PV এর মান স্থির বা ধ্রুবক।

● চার্লসের সূত্র সম্পর্কিত পরীক্ষা ●

এ পরীক্ষাটিও খুব সাধারণ একটি পরীক্ষার মাধ্যমে সম্পন্ন করা যায়। বয়েলের সূত্র প্রমাণের ক্ষেত্রে ব্যবহৃত সিরিঞ্জের তিনটিকে নাও। এবার সিরিঞ্জের মধ্যে একই আয়তনের বায়ু রেখে অর্থাৎ সিরিঞ্জের ভিতরের পিস্টন তিনটি একই চাপে রেখে খুব সাবধানে একটি ওয়াটার বাথে রেখে 40° সে. তাপমাত্রায় স্থির রেখে সিরিঞ্জের ভিতরের বায়ুর আয়তন V_1, cm^3 পর্যবেক্ষণ কর। এবার ২য় সিরিঞ্জটিকে ওয়াটার বাথে 60° C তাপমাত্রায় পানিকে উত্তপ্ত করে সিরিঞ্জের ভিতরের বায়ুর আয়তন V_2, cm^3 পর্যবেক্ষণ কর। একইভাবে ৩য় সিরিঞ্জটিকে ওয়াটার বাথে রেখে 80° C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে সিরিঞ্জের ভিতরের আয়তন V_3, cm^3 পর্যবেক্ষণ কর।

কী দেখলে? নিশ্চয়ই প্রতিটি ক্ষেত্রে তাপমাত্রার বৃদ্ধির ফলে গ্যাসের আয়তনের বৃদ্ধি ঘটেছে। এক্ষেত্রে $V_3 > V_2 > V_1$ হয়েছে। চার্লসের সূত্র মতে স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের যেকোনো গ্যাসের আয়তন, এর উপর আরোপিত পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক।

এবার বিকল্পভাবে প্রমাণ কর স্থির চাপে একটি নির্দিষ্ট ভরের গ্যাস নিয়ে বিভিন্ন পরম তাপমাত্রায় ঐ গ্যাসের আয়তন পরিমাপ কর। পরীক্ষালব্ধ ফলাফল থেকে দেখা যায় যে, T এর বিভিন্ন মানে $\frac{V}{T}$ এর মান সবসময়ই স্থির থাকে, অর্থাৎ

ধ্রুবক। এছাড়া এ পরীক্ষালব্ধ মানকে ব্যবহার করে $\frac{V}{T}$ বনাম T লেখচিত্র অঙ্কন করলে একটি সরলরেখা পাওয়া যায়। এ সরলরেখাকে পিছনের দিকে বর্ধিত করলে রেখাটি মূল বিন্দুকে স্পর্শ করে। 1 atm চাপে 1 mole N_2 গ্যাসের বিভিন্ন পরম তাপমাত্রায় আয়তন এবং $\frac{V}{T}$ এর পরীক্ষামূলক মানগুলো ছকে দেখানো হলো–

পাঠ সংখ্যা	N_2 গ্যাসের পরিমাণ (mol)	তাপমাত্রা, T K	আয়তন, V (L)	$\frac{V}{T}$ (L K^{-1})
1	1	273	22.40	0.082
2	1	293	24.041	0.082
3	1	313	25.682	0.082
4	1	333	27.323	0.082
5	1	353	28.964	0.082

প্রাপ্ত এ মান থেকে দেখা যায় প্রতিটি ক্ষেত্রেই $\frac{V}{T}$ এর মান 0.082 Litre K^{-1} বা ধ্রুবক।

১.৫ গ্যাসের গতিতত্ত্বের স্বীকার্য (Postulate of Kinetic theory of Gases)

বায়ুমণ্ডলের বিভিন্ন গ্যাস যেমন N_2, O_2, CO_2, H_2 প্রভৃতির নিজ নিজ প্রকৃতি ও চরিত্র সম্পূর্ণ ভিন্ন। এদের রাসায়নিক ধর্ম, আণবিক গঠন ও আণবিক সংকেত ভিন্ন। কিছু কিছু ভৌতধর্মও ভিন্ন। গ্যাস অণুগুলোর মধ্যে ধর্মের এতোসব ভিন্নতা থাকা সত্ত্বেও প্রতিটি গ্যাসই গ্যাস সূত্রাবলি যেমন বয়েলের সূত্র, চার্লসের সূত্র, অ্যাভোগাড্রো সূত্র, গে-লুসাক সূত্র মেনে চলে। সকল গ্যাসই আদর্শ গ্যাস সমীকরণ PV = nRT দ্বারা নিয়ন্ত্রিত। অণুর ভিন্নতা থাকা সত্ত্বেও সমস্ত গ্যাসের মধ্যে বিশেষ কিছু সদৃশ গুণ থাকবে। যে কারণে এদের ভৌত ব্যবহার ও আচরণ একই রকম।

এ বিষয়ে গ্রিক দার্শনিক এরিস্টটল (Aristotle) ও লিউক্রিটাস (Lucretius) সর্বপ্রথম প্রস্তাব করেন গ্যাস অণুগুলো বিচ্ছিন্নভাবে ছুটাছুটি করে। অর্থাৎ গ্যাস অণুসমূহ গতিশীল। এ গতিশীলতার ফলে পদার্থের গ্যাসীয় অবস্থায় বেশ কিছু বিশেষ বৈশিষ্ট্য দেখা যায়। এ বিষয়ে বার্নোলি (Barnoulli, 1738), ক্লসিয়াস (Clausius, 1857), ম্যাক্সওয়েল (Maxwell, 1860), বোল্টজম্যান (Boltzmann, 1886) প্রমুখ খ্যাতিমান বিজ্ঞানিগণ সকল গ্যাসের ক্ষেত্রেই সমভাবে প্রযোজ্য এমন একটি যান্ত্রিক মডেল উদ্ভাবনের ক্ষেত্রে বেশ কিছু প্রস্তাব করেন। এ প্রস্তাবগুলোকেই গ্যাসের গতিতত্ত্ব বলা হয়ে থাকে। প্রকৃত অর্থে কোনো তত্ত্বকে প্রতিষ্ঠিত করতে হলে কিছু বিষয় প্রথমেই স্বীকার করার প্রয়োজন হয় যা স্বীকার্য নামে পরিচিত। গ্যাসের গতিতত্ত্বের স্বীকার্যগুলো নিম্নরূপ–

১. **গ্যাসের গঠন :** যে কোনো গ্যাস তার নিজস্ব অসংখ্য ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র কণিকার সমন্বয়ে গঠিত। এ কণিকাগুলো গোলাকার ও স্থিতিস্থাপক। এসব কণিকাকে সাধারণভাবে অণু বলা হয় এবং নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ক্ষেত্রে এসব কণা পরমাণু। যেকোনো নির্দিষ্ট গ্যাসের প্রতিটি অণুর আকার ও ভর অভিন্ন।

২. **গ্যাসের অণুসমূহের আয়তন :** গ্যাসের অণুসমূহের আয়তন গ্যাসপাত্রের আয়তনের তুলনায় অতি নগণ্য।

৩. **অণুসমূহের মধ্যে আকর্ষণ :** গ্যাসের অণুসমূহের নিজেদের মধ্যে এবং অণু ও রক্ষিত গ্যাসপাত্রের দেয়ালের মধ্যে কোনো আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বল কার্যকরী থাকে না।

৪. **অণুর গতিশীলতা :** গ্যাসের অণুসমূহ সর্বদা অতিদ্রুত গতিতে সরলরৈখিক পথে অবিরামভাবে চতুর্দিকে ছুটাছুটি করে। ফলে এরা পরস্পরের সাথে এবং গ্যাস পাত্রের দেয়ালের সাথে স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষে লিপ্ত হয়। যেকোনো দুটি সংঘর্ষের মধ্যবর্তী পথ সরলরৈখিক।

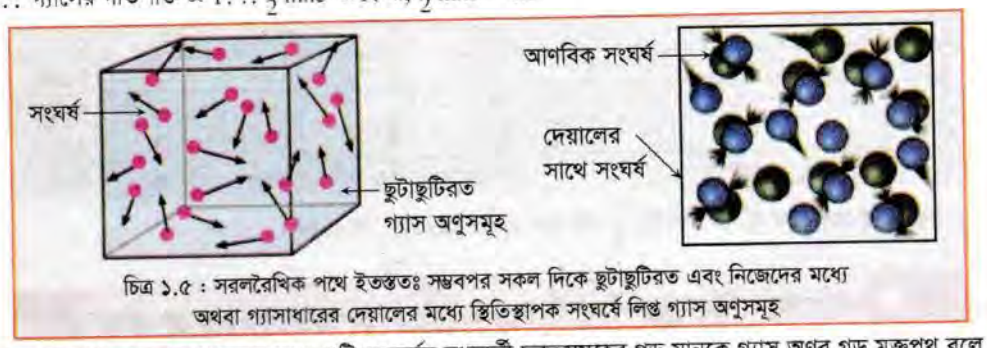
৫. **চাপ :** গ্যাসপাত্রের দেয়ালের সাথে গ্যাস অণুসমূহের অবিরাম সংঘর্ষের ফলেই গ্যাসের চাপের সৃষ্টি হয়। সংঘর্ষের সংখ্যা যতো বেশি হবে চাপও ততো বৃদ্ধি পাবে। প্রকৃতপক্ষে সংঘর্ষের ফলে পাত্রের দেয়ালের প্রতি একক ক্ষেত্রের উপর যে বল প্রযুক্ত হয় তাকেই গ্যাসের চাপ বলা হয়ে থাকে।

উ. মা. রসায়ন (২য় পত্র)—০৭ ০৪

৬. **অণুর মোট গতিশক্তি :** গ্যাস অণুসমূহের মোট গতিশক্তি তথা প্রতিটি অণুর গড় গতিশক্তি গ্যাসের পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক। যদি T কেলভিন তাপমাত্রায় V আয়তনের একটি আবদ্ধ পাত্রে কোনো একটি গ্যাস রাখার ফলে P চাপের সৃষ্টি হয়। যদি পাত্রের মধ্যে n সংখ্যক গ্যাসীয় অণু থাকে, তবে মোট গতিশক্তি $= \frac{1}{2} mnc^2$।

এখানে m প্রতিটি গ্যাস অণুর ভর।

$\therefore$ গ্যাসের গতিশক্তি $\propto T$; $\therefore \frac{1}{2} mnc^2 \propto T$; বা, $\frac{1}{2} mnc^2 = kT$



চিত্র ১.৫ : সরলরৈখিক পথে ইতস্ততঃ সম্ভবপর সকল দিকে ছুটাছুটিরত এবং নিজেদের মধ্যে অথবা গ্যাসাধারের দেয়ালের মধ্যে স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষে লিপ্ত গ্যাস অণুসমূহ

৭. **গড় মুক্তপথ :** গ্যাস অণুগুলোর মধ্যে দুটি সংঘর্ষের মধ্যবর্তী দূরত্বসমূহের গড় মানকে গ্যাস অণুর গড় মুক্তপথ বলে।

৮. **সংঘর্ষের সময় :** অণুগুলোর মধ্যে শুধু সংঘর্ষের জন্য যে সময় ব্যয় হয় তা দুটো সংঘর্ষের মধ্যবর্তী সময়ের তুলনায় অতি নগণ্য।

৯. **স্থিতিস্থাপকতা :** গ্যাস অণুসমূহের গতিশক্তির কারণে যখন তাদের নিজেদের মধ্যে বা পাত্রের দেয়ালের সাথে সংঘর্ষ ঘটে, তখন তাদের গতিশক্তি অভ্যন্তরীণ বা অন্য শক্তিতে রূপান্তরিত হয় না। গ্যাস অণুসমূহের সংঘর্ষসমূহও সম্পূর্ণ স্থিতিস্থাপক। এ কারণে সংঘর্ষের ফলেও তাদের গতিবেগের কোনো পরিবর্তন ঘটে না।

১০. **আকর্ষণ-বিকর্ষণ :** গ্যাস অণুসমূহের গতিশক্তির কারণে এরা একে অপর থেকে এতো দূরে অবস্থান করে যে, পরস্পরের প্রতি কোনোরূপ আকর্ষণ-বিকর্ষণ বল এর প্রভাব বিস্তার করে না।

১১. **আয়তন :** গ্যাস অণুসমূহের আয়তন প্রকৃত পক্ষেই ক্ষুদ্র। অণুসমূহ পরস্পর হতে এত দূরে অবস্থান করে যে, তাদের প্রকৃত আয়তন গ্যাস পাত্রের আয়তনের তুলনায় খুবই নগণ্য।

১২. **অভিকর্ষ বলের প্রভাব :** গ্যাস অণুসমূহের গতির উপর অভিকর্ষ বলের কোনো প্রভাব থাকে না।

এ স্বীকার্যসমূহের আলোকে আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে একটি গতির সমীকরণ প্রতিপাদন করা হয়। বিজ্ঞানী ক্লসিয়াস এ সমীকরণটি প্রতিপাদন করেন। সমীকরণটি হলো $PV = \frac{1}{3} mnc^2$. এখানে, P = গ্যাসের চাপ, V = গ্যাসের আয়তন, n = গ্যাসের মোল সংখ্যা, m = প্রতিটি অণুর ভর, c = গ্যাস অণুর বর্গমূল গড় বর্গ বেগ।

মনে রাখবে : $PV = nRT$ সমীকরণটি কেবল মাত্র আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য। আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে কয়েকটি মূল বিষয়কে ভিত্তি করে গতীয় সমীকরণ প্রতিষ্ঠিত হয়েছে। এ স্বীকার্যগুলো আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য। তাই গ্যাসের গতিতত্ত্ব কেবলমাত্র আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রেই প্রযোজ্য। বাস্তব গ্যাসের ক্ষেত্রে যেকোনো অবস্থাতেই এটি প্রযোজ্য নয়।

১.৫.১ : গ্যাস অণুর বিভিন্ন প্রকার বেগ (Different velocities of gas molecules) :

গ্যাস অণুগুলো সর্বদা অতিদ্রুত গতিতে সরলরৈখিক পথে অবিরাম চারিদিকে ছুটাছুটি করে। গ্যাস অণুর গতিবেগকে সাধারণত তিনভাবে প্রকাশ করা হয়। এগুলো হলো–

(i) **গড় বেগ (average velocity)**

(ii) **বর্গমূল গড় বর্গবেগ (root mean square velocity)** ও

(iii) **সম্ভাব্যতম বেগ (most probable velocity)**

(i) গড় বেগ (Ca) : ধরা যাক, কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণের গ্যাসের মধ্যে n সংখ্যক অণু আছে। এ n সংখ্যক অণুর মধ্যে n_1 সংখ্যক অণুর বেগ C_1, n_2 সংখ্যক অণুর বেগ C_2, n_3 সংখ্যক অণুর বেগ C_3 .....ইত্যাদি।

গ্যাস অণুগুলোর গড় বেগ, $Ca = \frac{n_1C_1 + n_2C_2 + n_3C_3 + ...}{n_1 + n_2 + n_3 + ...} = \frac{n_1C_1 + n_2C_2 + n_3C_3 + ...}{n}$

(ii) বর্গমূল গড় বর্গবেগ : গ্যাসের অণুগুলোর মধ্যে সবসময় সংঘর্ষ ঘটে। ফলে গ্যাস অণুর গতিবেগের পরিবর্তন ঘটে। কোন একটি বিশেষ মুহূর্তে গ্যাস অণুর গতিবেগ যেমন সর্বনিম্ন পর্যায়ে পৌঁছাতে পারে একইভাবে গ্যাস অণুর গতিবেগ কয়েক গুণ বেশিও হতে পারে। প্রকৃতপক্ষে গ্যাস অণুসমূহের গতিবেগের একটি বিশেষ মানকে ব্যবহার করা হয় যা বর্গমূল গড় বর্গবেগ নামে পরিচিত।

নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোন গাস অণুসমূহের বিভিন্ন গতিবেগের বর্গের গড় মানকে হিসেব করে তার বর্গমূল করলে যে মান পাওয়া যায় তাকে ঐ গ্যাসের অণুসমূহের বর্গমূল গড় বর্গবেগ বলে। মনে করি, একটি গ্যাস পাত্রে N সংখ্যক অণু আছে এবং তাদের গতিবেগ যথাক্রমে $C_1, C_2, C_3, ... C_N$। তাহলে গ্যাস অণুর বর্গমূল গড় বর্গবেগ,

$$C = \sqrt{\frac{C_1^2 + C_2^2 + C_3^2 + ... + C_N^2}{N}} \quad ..... \text{(i)}$$

গ্যাসের গতীয় সমীকরণ থেকে বর্গমূল গড় বর্গবেগ নির্ণয় : গ্যাসের গতীয় সমীকরণ থেকে আমারা পাই, $PV = \frac{1}{3} mnc^2$.

এখন, যদি 1 গ্রাম-অণু গ্যাসের ক্ষেত্রে n = অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা = N হয়। তাহলে 1 গ্রাম-অণু গ্যাসের ক্ষেত্রে $PV = \frac{1}{3} mnc^2$ সমীকরণটির পরিবর্তিত রূপ দাড়ায় $PV = \frac{1}{3} mNc^2$, এখানে C হলো গ্যাস অণুর বর্গমূল গড় বর্গবেগ। এখন, গ্যাসের আণবিক ভর (M) = গ্যাসের প্রতিটি অণুর ভর (m) × অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা (N) অর্থাৎ $M = m \times N$. বা, $m = \frac{M}{N}$.

অতএব, 1 গ্রাম-অণু গ্যাসের ক্ষেত্রে $PV = \frac{1}{3} mnc^2$ সমীকরণটি আরো পরিবর্তিতভাবে লেখা যায় $PV = \frac{1}{3} Mc^2$

পূর্বেই আমরা আদর্শ গ্যাস সমীকরণ থেকে জেনেছি 1 গ্রাম-অণু আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে $PV = RT$

তাহলে অবশ্যই লেখা যাবে $\frac{1}{3} MC^2 = RT$

বা, $MC^2 = 3RT$, বা, $C^2 = \frac{3RT}{M}$

$\therefore C = \sqrt{\left(\frac{3RT}{M}\right)}$

এটি বর্গমূল গড় বর্গবেগের গাণিতিক সমীকরণ।

মনে রাখবে : গ্যাস অণুর গড় বেগ (Ca) ও বর্গমূল গড় বর্গবেগ (C) এ দুটি মান কখনই এক নয়। একটি সহজ উদাহরণের সাহায্যে বিষয়টি স্পষ্ট করা যাক। কোনো একটি গ্যাসের 5 টি অণুর গতিবেগ যথাক্রমে 1, 2, 3, 4 ও 5 $m.s^{-1}$.

$\therefore$ অণুগুলোর গড়বেগ, $Ca = \frac{1+2+3+4+5}{5} = 3$ এবং অণুগুলোর বর্গমূল গড় বর্গবেগ, $C = \sqrt{\frac{1^2+2^2+3^2+4^2+5^2}{5}} = 3.3166$

তাহলে নিশ্চয়ই আমরা বলব, $Ca \neq C$

গ্যাস অণুর গতিশক্তি নির্ণয়ের ক্ষেত্রে গ্যাস অণুর গড় গতিবেগ ব্যবহার না করে বর্গমূল গড় বর্গবেগ ব্যবহার করা হয়।

কারণ– তাপমাত্রাই হচ্ছে গ্যাস-অণুর গতিশক্তির মানদণ্ড। গ্যাসের গতিতত্ত্ব অনুযায়ী এটিই তাপমাত্রার ধারণা। তাপমাত্রা যখন শূন্য হয়, তখন গ্যাস অণুগুলোর গতিশক্তির মানও শূন্য হয়ে যায়। অর্থাৎ গ্যাস অণুগুলোর গতি থেমে যায়। গতিতত্ত্ব অনুসারে এ তাপমাত্রাকেই আদর্শ গ্যাস স্কেলে পরমশূন্য তাপমাত্রা বলা হয়।

(iii) সম্ভাব্যতম বেগ : গ্যাসকে যে পাত্রেই রাখা হোক না কেন গ্যাস অণুগুলো সবসময়ই নিজেদের মধ্যে এবং পাত্রের দেওয়ালের সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হয়। এ ক্রমাগত সংঘর্ষের কারণে সবসময় গ্যাস অণুগুলোর বেগের পরিবর্তন ঘটে। গ্যাস অণু যে কোনো সময় অতি স্বল্পবেগ থেকে অতি উচ্চবেগ – সমস্ত প্রকার বেগ সম্পন্ন অণুই গ্যাসের মধ্যে থাকে। বিজ্ঞানী ম্যাক্সওয়েল গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করে দেখান যে, কোন পাত্রে রক্ষিত মোট গ্যাস অণুর মধ্যে সর্বাধিক সংখ্যক গ্যাস অণু যে বেগ বিচরণ করে যে কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় তার মান স্থির। এ বেগকে সম্ভাব্যতম বেগ বলে। এ বেগকে তিনি গাণিতিক বিশ্লেষণের ফলাফলের ভিত্তিতে নিম্নলিখিত সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশ করেন।

সম্ভাব্যতম বেগ, $C_m = \sqrt{\left(\frac{2RT}{M}\right)}$

বর্গমূল গড় বর্গবেগ ব্যবহারের কারণ : গ্যাস অণুর গতিশক্তি নির্ণয়ে বর্গমূল গড় বর্গবেগ (C) ব্যবহার করা হয়। গ্যাস অণুর গড় গতিবেগ (Ca) ব্যবহার করা হয় না।

একটি উদাহরণের সাহায্যে বিষয়টি ব্যাখ্যা করা যাক।

মনে করি, একই গ্যাসের দুটি অণুর মধ্যে একটির বেগ 4 cms^{-1} এবং অপরটির বেগ 6 cms^{-1}।

$\therefore$ অণু দুটির মোট গতিশক্তি $= \frac{1}{2}m(4)^2 + \frac{1}{2}m(6)^2 = 8m + 18m = 26\ m.$

এখন, অণু দুটির গড় বেগ, $(Ca) = \frac{4+6}{2} = 5\ cm.s^{-1}$।

$\therefore$ অণু দুটির মোট গতিশক্তি $= 2 \times \frac{1}{2}m\ Ca^2 = mCa^2 = m \times 5^2 = 25\ m$

$\therefore$ আবার, অণু দুটির বর্গমূল গড় বর্গবেগ, $C = \sqrt{\frac{4^2+6^2}{2}} = \left(\frac{16+36}{2}\right)^{\frac{1}{2}} = (26)^{\frac{1}{2}}\ cms^{-1}$

$\therefore$ বর্গমূল গড় বর্গবেগ, C এর মানকে ব্যবহার করে অণু দুটির মোট গতিশক্তি $= 2 \times \frac{1}{2}mc^2 = 2 \times \frac{1}{2}m \times 26 = 26\ m.$

$\therefore$ বর্গমূল গড় বর্গবেগ, C ব্যবহার করে প্রাপ্ত গতিশক্তির মান প্রতিটি অণুর পৃথকভাবে প্রাপ্ত গতিশক্তির সমষ্টির সমান। কিন্তু অণুগুলোর গড় গতিবেগ, Ca ব্যবহার করে প্রাপ্ত গতিশক্তির মান প্রকৃত গতিশক্তির মান অপেক্ষা কম হয়। এ কারণে অণুর গতিশক্তি নির্ণয়ে গড় গতিবেগ, Ca ব্যবহার না করে বর্গমূল গড় বর্গবেগ, C এর মানকে ব্যবহার করা হয়।

গ্যাস অণুর গড় গতিশক্তি (Average kinetic energy of a gas molecule) : গ্যাসের গতির সমীকরণ থেকে গ্যাস অণুর গড় গতিশক্তি নির্ণয় করা হয়। ধরা যাক, T কেলভিন তাপমাত্রায় V আয়তনের একটি আবদ্ধ পাত্রে N সংখ্যক গ্যাস অণু রাখার ফলে P চাপের সৃষ্টি হয়।

গ্যাসের গতি সমীকরণ অনুযায়ী, $PV = \frac{1}{3}mNc^2$

এখানে, m = গ্যাসের 1টি অণুর ভর, N = অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা, c^2 = গড় বর্গবেগ।

$\therefore PV = \frac{1}{3}mNC^2 = \frac{2}{3}N \times \frac{1}{2}mc^2 = \frac{2}{3}N \times$ গ্যাসের প্রতিটি অণুর গড় গতিশক্তি।

আবার 1 মোল গ্যাসের ক্ষেত্রে $PV = RT$.

$\therefore RT = \frac{2}{3}N \times$ গ্যাসের প্রতিটি অণুর গড় গতিশক্তি।

$\therefore$ গ্যাসের প্রতিটি অণুর গড় গতিশক্তি $= \frac{3}{2}\left(\frac{RT}{N}\right)$

$\therefore$ গ্যাসের প্রতি গ্রাম-অণুর গতিশক্তি $= \frac{3}{2} \times \frac{RT}{N} \times N = \frac{3}{2}RT.$

উদাহরণ ১ : 25 °C তাপমাত্রায় একটি গ্যাস অণুর বর্গমূল গড় বর্গ বেগ 68157.5 cms^{-1} হলে গ্যাস অণুটির আণবিক ভর নির্ণয় কর।

সমাধান : আমরা জানি, একটি গ্যাস অণুর বর্গমূল গড় বর্গ বেগ,

$C = \sqrt{\frac{3RT}{M}} \therefore C^2 = \frac{3RT}{M} \therefore M = \frac{3RT}{C^2}$

$= \frac{3 \times 8.314 \times 298}{(681.575)^2} = 1.6 \times 10^{-2}$ kg mol^{-1}

$= 16$ g mol^{-1}

∴ গ্যাসটির আণবিক ভর 16।

এখানে, C = গ্যাস অণুর বর্গমূল গড় বর্গবেগ = 681.575 ms^{-1}
R = মোলার গ্যাস ধ্রুবক = 8.314 $J.mol^{-1}.K^{-1}$
T = (25 + 273) K = 298 K
M = গ্যাসটির আণবিক ভর = ?

নিজে কর – ১.২১ :

১. প্রমাণ অবস্থায় N_2 গ্যাসের বর্গমূল গড় বর্গবেগ নির্ণয় কর। **উত্তর :** 493.137 $m\,s^{-1}$।

২. 0 °C তাপমাত্রায় একটি গ্যাসের বর্গমূল গড় বর্গবেগ 652.35 ms^{-1}। গ্যাসটির আণবিক ভর নির্ণয় কর। **উত্তর :** 16।

৩. কত ডিগ্রি তাপমাত্রায় NH_3 অণুর বর্গমূল গড় বর্গবেগ 20°C তাপমাত্রায় CO_2 অণুর বর্গমূল গড় বর্গবেগের সমান? **উত্তর :** – 159.80°C।

৪. 0 °C তাপমাত্রায় ও 1 atm চাপে একটি গ্যাসের ঘনত্ব 1.429 $g.L^{-1}$। গ্যাস অণুর বর্গমূল গড় বর্গবেগ নির্ণয় কর। **উত্তর :** 461.7 $m.s^{-1}$।

১.৬ গতিতত্ত্বের সমীকরণ থেকে গতিশক্তির হিসাব

(Determination of Kinetic Energy from Equation of Kinetic Theory)

গ্যাসের গতির সমীকরণ হতে তোমরা জেনেছ, $PV = \frac{1}{3}mnc^2$ ..... (i)

আবার, 1 মোল আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে আদর্শ গ্যাস সমীকরণ, $PV = RT$ ..... (ii)

(i) ও (ii) নং সমীকরণের সমন্বয় করলে দেখা যায় $\frac{1}{3}mnc^2 = RT$; বা, $\frac{2}{3} \times \frac{1}{2}mnc^2 = RT$

আদর্শ গ্যাসের মোট গতিশক্তি $= \frac{1}{2}mnc^2$; ∴ $\frac{2}{3} \times$ গতিশক্তি $= RT$

∴ গতিশক্তি (K.E.) $= \frac{3}{2}RT = KT$ (এখানে $\frac{3}{2}R = K =$ ধ্রুবক)

∴ গতিশক্তি $\propto T$.

সমীকরণ হতে দেখা যায় গ্যাসের মোট গতিশক্তি গ্যাসের পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক। অর্থাৎ গ্যাসের গতিশক্তির মান গ্যাসের আয়তন ও চাপের উপর নির্ভর করে না।

উদাহরণ ১ : 37 °C তাপমাত্রায় 2.5g N_2 গ্যাসের গতিশক্তি নির্ণয় কর।

সমাধান : আমরা জানি, এক মোল গ্যাসের গতিশক্তি (K.E.) $= \frac{3}{2}RT$

এক মোল $N_2 = 28$ g N_2

∴ 28 g N_2 এর গতিশক্তি (K.E.) $= \frac{3}{2}RT$

∴ 2.5 g N_2 এর গতিশক্তি (K.E.) $= \frac{3 \times 2.5}{2 \times 28}RT$

$= \frac{3 \times 2.5}{2 \times 28} 8.314 \times 310 = 3.45179 \times 10^9$ J

∴ N_2 অণুর গতিশক্তি 3.45179×10^2 J.

এখানে, T = (37 + 273)K = 310K
R = S.I. এককে মোলার গ্যাস ধ্রুবকের মান
= 8.314 J moL^{-1} K^{-1}

উদাহরণ ২ : CO_2 কে আদর্শ গ্যাস হিসেবে ধরে নিয়ে 27 °C তাপমাত্রায় 11 g CO_2 এর গতিশক্তি কত ক্যালরি?

সমাধান : CO_2 এর গ্রাম আনবিক ভর 44 g mol^{-1}

$\therefore$ 11 g CO_2 এর মধ্যে CO_2 এর মোল সংখ্যা $= \frac{11}{44} = 0.25$

1 মোল যে কোনো গ্যাসের গড় গতিশক্তি $= \frac{3}{2}RT$

$\therefore$ 0.25 mol CO_2 গ্যাসের গড় গতিশক্তি $= \frac{3}{2} \times 8.314 \times 10^7 \times 300 \times 0.25$

$$= 9.353 \times 10^9 \text{ erg} = \frac{9.353 \times 10^9}{4.184 \times 10^7}$$

$$= 223.548 \text{ ক্যালরি } (4.184 \times 10^7 \text{ erg} = 1 \text{ ক্যালরি})$$

$\therefore$ 11 g CO_2 এর গতিশক্তি 223.548 ক্যালরি।

নিজে কর – ১.২২ :

১. 30 °C তাপমাত্রায় এক অণু CO_2 এর গড় গতিশক্তি নির্ণয় কর। **উত্তর :** 6.2738×10^{-21} J

২. 30 °C তাপমাত্রায় 0.5 মোল O_2 গ্যাসের গতিশক্তি কত? **উত্তর :** 1.88938×10^3 J.

৩. 37 °C তাপমাত্রায় এক অণু হাইড্রোজেনের গতিশক্তি নির্ণয় কর। **উত্তর :** 6.41874×10^{-21} J

৪. 27 °C তাপমাত্রায় এক অণু অক্সিজেন গ্যাসের গতিশক্তি নির্ণয় কর। **উত্তর :** 6.211689×10^{-21} J.

৫. 27 °C তাপমাত্রায় 5.1 g NH_3 গ্যাসের গতিশক্তি কত ক্যালরি? **উত্তর :** 268.257 ক্যালরি।

৬. 27 °C তাপমাত্রায় 7 g N_2 গ্যাসের গতিশক্তি কত ক্যালরি? **উত্তর :** 223.548 ক্যালরি।

দলগতভাবে কর – ১.২৩ : (উচ্চতর দক্ষতা স্তর)

১. – 5 °C তাপমাত্রায় একটি বেলুনকে 2.5 dm^3 আয়তন পর্যন্ত ফোলানো হলো। এ আয়তন বেলুনটির সর্বাধিক প্রসারণ আয়তনের $\frac{5}{8}$ ভাগ। (i) বেলুনটিকে যদি 47°C তাপমাত্রায় নিয়ে যাওয়া হয় তবে কী এটি ফেটে যাবে? **উত্তর :** ফাটবে না।
(ii) কত তাপমাত্রার উপরে গেলে বেলুনটি ফাটবে? **উত্তর :** 155.8 °C তাপমাত্রার উপরে গেলে।

২. 15 atm চাপে এবং 27°C তাপমাত্রায় একটি সিলিন্ডারে H_2 গ্যাস ভর্তি আছে। এ সিলিন্ডারটি 1.75 লিটার পানি ধারণ করতে পারে। সিলিন্ডারের H_2 গ্যাস দ্বারা 2767 cm^3 আয়তনের বেলুনের কতটি বেলুনকে প্রমাণ অবস্থায় H_2 গ্যাস দ্বারা ভর্তি করা যাবে? **উত্তর :** ৪টি।

৩. কক্সবাজার সমুদ্র সৈকত থেকে প্রমাণ বায়ুমণ্ডলীয় চাপে উত্তপ্ত H_2 গ্যাস ভর্তি একটি বেলুন আকাশে উড়িয়ে দেওয়া হলো। বেলুনের আয়তন 3.36×10^3 dm^3। 12 °C তাপমাত্রায় যখন এটি সমুদ্রে গিয়ে পড়ে তখন এর আয়তন কমে হয় 3.05×10^3 dm^3। উত্তপ্ত H_2 গ্যাসের প্রাথমিক তাপমাত্রা কত ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড ছিল? **উত্তর :** 40.96 °C।

৪. স্থির চাপে 0 °C থেকে 50 °C তাপমাত্রায় উন্নীত করার নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন 1.0 dm^3 থেকে বৃদ্ধি পেয়ে 1183.03 cm^3 হয়। এ পরীক্ষায় ফলাফল থেকে পরমশূন্য তাপমাত্রার মান সেন্টিগ্রেড স্কেলে নির্ধারণ কর। **উত্তর :** – 273.18 °C।

৫. 1.5 dm^3 আয়তনের একটি পাত্রে 900 cm^3 O_2 ও 600 cm^3 N_2 গ্যাস পূর্ণ আছে। O_2 এর চাপ 600 mm (Hg) এবং N_2 এর চাপ 1200 mm (Hg)। গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ নির্ণয় কর। **উত্তর :** 840 mm (Hg)।

৬. একটি LPG গ্যাস সিলিন্ডারের চাপ 12.5 atm। এক তৃতীয়াংশ আয়তনের অপর একটি LPG গ্যাস সিলিন্ডারের চাপ 2.4 atm। সিলিন্ডার দুটিকে যুক্ত করা হলো। সিলিন্ডার দুটিতে মিশ্র গ্যাসের চাপ নির্ণয় কর। **উত্তর :** 9.975 atm।

৭. – 5 °C তাপমাত্রায় 14.5 dm^3 আয়তনের একটি গ্যাস সিলিন্ডার 6.023×10^{24} সংখ্যক প্রোপেন অণু ধারণ করে। গ্যাসের চাপ নির্ণয় কর। **উত্তর :** 15.174 atm।

৮. কোনো নির্দিষ্ট চাপে 17 °C তাপমাত্রায় 0.184 g হাইড্রোজেন যে আয়তন দখল করে 25 °C তাপমাত্রায় 3.94 g অজ্ঞাত গ্যাস একই আয়তন দখল করে। গ্যাসটির আণবিক ভর নির্ণয় কর। **উত্তর :** 44।

৯. 6.023×10^{22} টি হাইড্রোজেন অণু ও 3.0115×10^{23} টি অক্সিজেন অণু একটি নির্দিষ্ট আয়তনের পাত্রের মধ্যে আবদ্ধ থাকায় মোট চাপ 850 mm (Hg) হয়। গ্যাস দুটির আংশিক চাপ নির্ণয় কর। **উত্তর :** $P_{H_2} = 141.67$ mm(Hg), $P_{O_2} = 708.33$ mm (Hg)।

১০. 35 °C তাপমাত্রায় একটি খোলা পাত্রকে উত্তপ্ত করা হলো। যতক্ষণ না তার ভিতরের বায়ুর $^1/_4$ অংশ বের হয়ে যায়। তাপমাত্রার বৃদ্ধিজনিত কারণে পাত্রের আয়তন অপরিবর্তিত থাকে ধরে নিয়ে কত তাপমাত্রা পর্যন্ত পাত্রটিকে উত্তপ্ত করা হয়েছিল নির্ণয় কর। **উত্তর :** 135 °C।

১১. একটি H_2 গ্যাস ভর্তি বেলুনকে আকাশে উড়িয়ে দেওয়ায় 45 km উচ্চতায় উঠে প্রসারিত হয়ে আয়তন হয় 45 m^3। ঐ উচ্চতায় বায়ুর চাপ প্রমাণ বায়ুমণ্ডলীয় চাপের একশত ভাগের একভাগ এবং তাপমাত্রা – 20 °C হলে বেলুনের মধ্যে কত গ্রাম H_2 গ্যাস ভর্তি করা হয়েছিল? **উত্তর :** 43.8489 g।

১২. প্রমাণ অবস্থায় শুষ্ক H_2 গ্যাসের আয়তন 560 cm^3। 755 mm (Hg) চাপে ও 25 °C তাপমাত্রায় একই পরিমাণ H_2 গ্যাসকে পানির উপরিতলে সংগ্রহ করায় এর আয়তন দাঁড়ায় 626 cm^3। 25 °C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ নির্ণয় কর।
উত্তর : 12.868 mm (Hg)।

১৩. 0 °C তাপমাত্রা ও 76 cm চাপে 0.28 g ভরের কোনো গ্যাসের আয়তন 224 cm^3। কোন তাপমাত্রায় গ্যাসটির 1.1375 g 1.15 atm চাপে 1×10^{-3} m^3 আয়তন দখল করবে? **উত্তর :** 72 °C।

১৪. 30 °C তাপমাত্রা ও 765 mm (Hg) চাপে NH_3 এ H_2S গ্যাসের ঘনত্ব যথাক্রমে 0.688 g L^{-1} ও 1.377 g L^{-1}। রসায়ন গবেষণাগারের ১নং ভেন্টিলেটর দিয়ে ঐ অবস্থায় যে সময়ে 8.5 L H_2S গ্যাস ব্যাপিত হয়, সে সময়ে কত আয়তনের NH_3 গ্যাস ব্যাপিত হবে? **উত্তর :** 12.025 L।

১৫. কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় গ্যাসীয় অবস্থায় $^{235}UF_6$ ও $^{238}UF_6$ এর আপেক্ষিক ব্যাপনের হার নির্ণয় কর। (F = 19)।
উত্তর : 1.0043 : 1।

১৬. বায়ুশূন্য অবস্থায় একটি গ্যাস সিলিন্ডারের ওজন 15 kg। যখন একটি তরল যার ঘনত্ব 0.98 g mL^{-1} দিয়ে পূর্ণ করা হয় তখন ওজন হয় 19.9 kg। আবার যখন 25 °C তাপমাত্রা ও 760 mm (Hg) চাপে LPG গ্যাস দ্বারা পূর্ণ করা হয়, তখন ওজন হয় 15.00899 kg। LPG গ্যাসের আণবিক ভর নির্ণয় কর। গ্যাসটি কী হতে পারে? **উত্তর :** আণবিক ভর 44 এবং গ্যাসটি প্রোপেন।

১৭. 35 °C তাপমাত্রায় একটি শূন্য পাত্রের মধ্যে 2 g A গ্যাস প্রবেশ করালে গ্যাসের চাপ 1.25 atm হয়। তাপমাত্রা স্থির রেখে একই পাত্রের মধ্যে অপর একটি B গ্যাসের 2.5 g প্রবেশ করালে চাপ 1.25 atm বৃদ্ধি পায়। A ও B গ্যাসের আণবিক ভরের অনুপাত নির্ণয় কর। **উত্তর :** 4 : 5।

১৮. 27 °C তাপমাত্রায় একটি 15 dm^3 আয়তনের শূন্য সিলিন্ডারের মধ্যে 3 g H_2 ও 2 g He গ্যাস ভর্তি করা হলো। সিলিন্ডারের মধ্যে গ্যাসের চাপ নির্ণয় কর। পাত্রটি যদি সমআয়তনের ঘনক হয় তবে গ্যাসের চাপের কী পরিবর্তন ঘটবে? **উত্তর :** 3.284 atm, চাপ অপরিবর্তিত থাকবে।

১৯. 14 g নাইট্রোজেন ও 32 g অক্সিজেনের একটি গ্যাস মিশ্রণ 27 °C তাপমাত্রায় 10 লিটার আয়তনের পাত্রে রাখা আছে। পাত্রের অভ্যন্তরে মোট চাপ নির্ণয় কর। **উত্তর :** 3.6945 atm।

২০. একটি LPG গ্যাস সিলিন্ডারের চাপ 15.5 atm। এক চতুর্থাংশ আয়তনের আর একটি LPG সিলিন্ডারের চাপ 4.5 atm। সিলিন্ডার দুটিকে যুক্ত করা হলো। সিলিন্ডার দুটিতে মিশ্র গ্যাসের চাপ নির্ণয় কর। **উত্তর :** 13.3 atm।

২১. 2 গ্রাম হাইড্রোজেন ও 11 গ্রাম কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ 850 mm (Hg)। প্রতিটি গ্যাসের আংশিক চাপ নির্ণয় কর। **উত্তর :** $P_{H_2} = 680$ mm (Hg) এবং $P_{CO_2} = 170$ mm (Hg)।

২২. 500 cm^3 আয়তনের একটি পাত্রে 300 cm^3 N_2 গ্যাস এবং 200 cm^3 H_2 গ্যাস পূর্ণ আছে। N_2 এর চাপ 800 mm (Hg) এবং H_2 এর চাপ 700 mm (Hg)। গ্যাস মিশ্রণের চাপ নির্ণয় কর। **উত্তর :** 760 mm (Hg)।

১.৭ গ্যাস সিলিন্ডারজাতকরণে গ্যাসসূত্রের প্রয়োগ (Application of Gas Laws in Cylindering Gases)

গ্যাস সিলিন্ডারে সাধারণত O_2, H_2, He ও LPG গ্যাস ভর্তি করা হয়। তবে দেশের চাহিদার উপর ভিত্তি করে LPG গ্যাসকেই অধিক পরিমাণে গ্যাস সিলিন্ডারে ভর্তি করা হয়ে থাকে। অতিরিক্ত চাপে ও নিম্ন তাপমাত্রায় প্রধানত বিউটেন ও প্রোপেনকে তরল করা হয়। এক্ষেত্রে গ্যাস সূত্র নীতিকে ব্যবহার করা হয়। এক্ষেত্রে লক্ষ রাখতে হবে কীভাবে গ্যাস অণুর মধ্যে আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বলকে বৃদ্ধি করা যায়। গ্যাসের গতিতত্ত্ব থেকে দেখা যায়, তাপমাত্রার হ্রাস ঘটলে গ্যাস অণুসমূহের গতিশক্তির হ্রাস ঘটে। ফলে গ্যাস অণুগুলো পরস্পরের আরো নিকটে আসে এবং আন্তঃকণা আকর্ষণ বলের বৃদ্ধি ঘটায়। আবার বয়েলের সূত্রানুসারে "স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন এর উপর আরোপিত চাপের ব্যস্তানুপাতিক।" যে কারণে উচ্চ চাপের প্রভাবে গ্যাস অণুগুলো পরস্পরের কাছাকাছি থাকে। আবার গ্যাসের সূত্রানুসারে "স্থির চাপে গ্যাসের তাপমাত্রায় হ্রাস ঘটালে গ্যাসের আয়তনেরও হ্রাস ঘটে।" এ কারণে নিম্ন তাপমাত্রায় ধীর গতিসম্পন্ন গ্যাস অণুগুলো পরস্পরের কাছাকাছি আসে এবং পরস্পরকে আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বলে আকর্ষণ করে থাকে। যে কারণে উচ্চ চাপ প্রয়োগ করে ও তাপমাত্রার হ্রাস ঘটিয়ে গ্যাসকে তরলে পরিণত করে সিলিন্ডারজাত করা হয়। গ্যাস মিশ্রণকে উচ্চ চাপ প্রয়োগ করে হঠাৎ করে শূন্য পাত্রে সম্প্রসারণ করা হয়। এভাবে প্রক্রিয়াটি পর্যায়ক্রমে চলতে থাকলে এক সময়ে সন্ধি তাপমাত্রায় বা তার নিচে গিয়ে উচ্চ চাপ প্রয়োগে এটি তরলে পরিণত হয়। এ তরল মিশ্রণকে LPG বা তরলীকৃত পেট্রোলিয়াম গ্যাস বলে। এ LPG গ্যাসকে গ্যাস সিলিন্ডারে ভর্তি করে সংরক্ষণ করা হয় এবং দৈনন্দিন জ্বালানির প্রয়োজন মিটাতে ব্যবহার করা হয় (চিত্র ১.৭)। এছাড়া পাইপ লাইনের সাহায্যে LPG গ্যাসকে মাটির নিচে অথবা ওপরে ট্যাংকের মধ্যে সংরক্ষণ করা হয়। এ LPG গ্যাসের মধ্যে C_3 ও C_4 কার্বন পরমাণুবিশিষ্ট অ্যালকেন ও অ্যালকিন শ্রেণির গ্যাস থাকে।

সাধারণত গ্যাস সিলিন্ডারজাতকরণের LPG এর প্রধান উৎস হলো প্রাকৃতিক গ্যাস। প্রাকৃতিক গ্যাসে বিউটেন ও প্রোপেনের শতকরা পরিমাণের উপর নির্ভর করে LPG এর স্ফুটনাঙ্ক। এ মান – 40°C থেকে 0°C পর্যন্ত হতে পারে। তাই কিছু কিছু ক্ষেত্রে সাধারণ তাপমাত্রায় 6 atm চাপে LPG কে তরলে রূপান্তরিত করা যায়। এ তরলীকৃত গ্যাসকে তরল অবস্থায় উচ্চ চাপসহ স্টিলের সিলিন্ডারে ভর্তি করে বাজারে সরবরাহ করা হয়।

খুব নিম্ন তাপমাত্রা বিশেষ করে – 45 °C তাপমাত্রায় উচ্চ চাপ প্রয়োগ করে বিউটেন ও প্রোপেনকে তরলে পরিণত করা হয়। – 45 °C তাপমাত্রার সন্ধি তাপমাত্রার নিচের তাপমাত্রা হওয়ায় বিউটেন, প্রোপেন ও সম কার্বনযুক্ত অ্যালকিন অতি সহজে তরলে পরিণত হয়। এ তরল গ্যাসকে স্টিলের সিলিন্ডারে ভর্তি করা হয়।

পদ্ধতি : গ্যাস সূত্র প্রয়োগ করে LPG উৎপাদন করা হয়ে থাকে। LPG মূলত সিক্ত প্রাকৃতিক গ্যাস বা অশোধিত পেট্রোলিয়ামের বিশোধনে প্রাপ্ত গ্যাস মিশ্রণ থেকে উৎপাদন করা গ্যাস। প্রাপ্ত গ্যাস মিশ্রণকে শুষ্ক করা হয়। এ উদ্দেশ্যে একে সক্রিয় সিলিকা জেল পূর্ণ প্রকোষ্ঠের মধ্যে 1.5 – 1.65 atm চাপে চালনা করা হয়। শুষ্ক গ্যাস মিশ্রণকে 2.0 atm চাপ প্রয়োগ করে শোষক স্তম্ভের নিচ থেকে উপরের দিকে চালনা করা হয়। একই সাথে স্তম্ভের ভিতরে উপর থেকে নিচের দিকে straw oil (এক প্রকার ভারী তেল যা অশোধিত পেট্রোলিয়ামের পাতনে পাওয়া যায়) কে স্প্রে করা হয়। straw oil গ্যাস মিশ্রণের উচ্চ আণবিক ভরবিশিষ্ট গ্যাস উপাদানগুলোকে শোষণ করে নেয়। নিম্ন আণবিক ভরে গ্যাসগুলো স্তম্ভের উপরে নির্গম নলের মাধ্যমে বেড়িয়ে আসে। গ্যাসকে সংগ্রহ করে বিশেষ প্রক্রিয়ায় কুলিং নলের মধ্যে চালনা করে 6.0 atm চাপ প্রয়োগ করে তরলে পরিণত করা হয়। অতঃপর একে স্টিলের সিলিন্ডারে ভর্তি করা হয়।



চিত্র ১.৭ : LPG গ্যাস সিলিন্ডার

LPG গ্যাস গন্ধহীন বিধায় সিলিন্ডারে ভরার পূর্বে এর সাথে সামান্য পরিমাণে তীব্র গন্ধযুক্ত মারক্যাপটান ($CH_3–SH$, $CH_3–CH_2–SH$) যোগ করে দেওয়া হয়। সিলিন্ডারের গ্যাস লিক হচ্ছে কিনা তা এ গন্ধ থেকে বোঝা যায়। বার্নারে এ মারক্যাপটান গ্যাস জ্বললে কোনো গন্ধ পাওয়া যায় না কারণ ঐ দুর্গন্ধযুক্ত গ্যাসগুলো পুড়ে যায়। কিন্তু না পুড়ে সিলিন্ডার থেকে গ্যাস বেড়িয়ে এলে মারক্যাপ্টানের তীব্র দুর্গন্ধ পাওয়া যায়।

পেট্রোবাংলা 2012 – 13 অর্থ বৎসরে শুধু কৈলাসটিলা গ্যাস ক্ষেত্রে হতে 8117 মেট্রিক টন LPG গ্যাস উৎপাদন করেছে গ্যাস সূত্রের বাস্তব প্রয়োগের মাধ্যমে। এ গ্যাসকে পরে গৃহস্থালির রান্নার কাজে, ওয়েল্ডিংয়ের কাজে বা ছোট খাটো শিল্পে ব্যবহার করা হয়।

তবে রান্নার কাজে ব্যবহৃত সিলিন্ডারে প্রায় 3 $kg.cm^{-2}$ চাপে LPG কে রাখা হয়। গ্যাস সিলিন্ডারের রেগুলেটরটি নিয়ন্ত্রণ করে চাপ 3×10^{-3} kg. cm^{-2} এ পরিবর্তন করলে তরল LPG পরিবর্তিত হয়ে গ্যাসে পরিণত হয় এবং গ্যাস বার্নারের মুখ দিয়ে বেরিয়ে আসার পর এটিতে অগ্নি সংযোগ করা হয়। LPG এর ক্যালরিফিক মান প্রাকৃতিক গ্যাসের তিন গুণ কিন্তু কোল গ্যাসের সাত গুণ। LPG গ্যাসের ক্যালরিফিক মান প্রায় 29500 kCal m^{-3}। এর দহনে ছাই জাতীয় পদার্থের সৃষ্টি হয় না।

খনিজ তেল ও কয়লা খনি সংলগ্ন অঞ্চলে মাটির নিচে বিরাট গ্যাস ভাণ্ডারে হাইড্রোকার্বন গ্যাস সঞ্চিত থাকে। এটিই মূলত প্রাকৃতিক গ্যাস। যার মূল উপাদান মিথেন ও ইথেন। খনি থেকে প্রাকৃতিক গ্যাস উত্তোলনের পর এ গ্যাস থেকে CO_2 ও H_2S গ্যাসকে অপসারণ করা হয়। অতঃপর একে প্রায় 68 atm বা 6.89×10^6 Pa চাপ প্রয়োগ করে তরল অবস্থায় রূপান্তরিত করা হয়। এটি গ্যাস তরলীকরণের ক্ষেত্রে গ্যাস সূত্রের আরও একটি প্রয়োগ। এ তরলকে বিশেষ একধরনের স্টিল নির্মিত সিলিন্ডারে ভরে LPG এর ন্যায় ব্যবহার করা হয়। একে CNG বা কমপ্রেসড ন্যাচারাল গ্যাস বলে। CNG কে মোটর ইঞ্জিনে তরল জ্বালানি হিসেবে ব্যবহার করা হয়। এর ব্যবহারে বায়ুর দূষণ কম হয়। CNG এর ক্যালরিফিক মান ডিজেল ও LPG অপেক্ষা অনেক বেশি। CNG এর ক্যালরিফিক মান প্রায় 21300 Btu/Lb এর স্ফুটনাঙ্ক – 162 °C এবং বায়ু অপেক্ষা হালকা।

CNG জ্বালানিতে কার্বনের পরিমাণ কম থাকায় এ জ্বালানি দহনে কার্বন কণা ও কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাসের উৎপাদন অন্যান্য জ্বালানি অপেক্ষা অনেক কম। ফলে এর দহনে পরিবেশ দূষণ কম হয়। এ জ্বালানি দহনে ধোঁয়া বা ছাই উৎপন্ন হয় না। কাজেই এর দহন পরিচ্ছন্ন।

খনি থেকে সংগৃহীত প্রাকৃতিক গ্যাস থেকে CO_2, H_2S ও উচ্চ আণবিক ভরবিশিষ্ট হাইড্রোকার্বনগুলোকে অপসারিত করে – 162 °C তাপমাত্রায় 25 kPa চাপে তরলে পরিণত করা হয়। এ তরল প্রাকৃতিক গ্যাসকে তরলায়িত প্রাকৃতিক গ্যাস, liquified Natural gas বা LNG বলে। একে বিশেষ ধরনের ট্যাঙ্কে ভর্তি করে সরবরাহ করা হয়। LNG এর জ্বালানি গুণ CNG অপেক্ষা 2.4 গুণ বেশি। বর্তমানে বিশ্বের জ্বালানির চাহিদা মেটাতে LNG এর ভূমিকা খুবই গুরুত্বপূর্ণ।

মনে রাখবে : LPG গ্যাস হলো নিম্ন আণবিক ভরবিশিষ্ট হাইড্রোকার্বনের মিশ্রণ, যাকে তরল অবস্থায় সিলিন্ডারে ভর্তি করা হয়। কিন্তু গ্যাসীয় অবস্থায় জ্বালানি হিসেবে ব্যবহার করা হয়।
প্রতি গ্রাম পদার্থের (জ্বালানির) দহনের ফলে যে পরিমাণ তাপ উৎপন্ন হয়, ঐ পরিমাণ তাপই ঐ পদার্থের ক্যালরি মান।

প্রাকৃতিক গ্যাস থেকে CO_2, H_2S ও উচ্চ আণবিক ভর বিশিষ্ট হাইড্রোকার্বনগুলোকে অপসারণের পর এ গ্যাসকে 1 atm চাপে – 160 °C তাপমাত্রায় শীতল করলে প্রাকৃতিক গ্যাস তরলে পরিণত হয়। এ তরল প্রাকৃতিক গ্যাসকে LNG (Liquified Natural Gas) বলে। একে বিশেষ ধরনের ট্যাংকে সংরক্ষণ করা হয়। এটিও উৎকৃষ্টমানের পরিবেশ বান্ধব জ্বালানি।

উদাহরণ ১ : LPG গ্যাসের প্রধান দুটি উপাদান প্রোপেন, C_3H_8 ও বিউটেন, C_4H_{10}। গৃহস্থালির জ্বালানি হিসেবে এর ব্যবহার খুবই ব্যাপক। 35 °C তাপমাত্রা ও 101 kPa চাপে 131.40 cm^3 প্রোপেন গ্যাসকে সম্পূর্ণভাবে দহন করা হলো। এ প্রক্রিয়ায় কোনোরূপ তাপের অপচয় ঘটেনি ধরে নিলে উৎপন্ন তাপ দ্বারা 178 g পানির তাপমাত্রা 15.5 °C বৃদ্ধি করা যায়।
(i) দহন কাজে ব্যবহৃত প্রোপেনের ভর নির্ণয় কর। (ii) এ প্রক্রিয়ায় উৎপন্ন তাপের পরিমাণ কত kJ?
(iii) প্রোপেনের দহন তাপের মান kJ.mol^{-1} এ গণনা কর।

সমাধান : (i) আদর্শ গ্যাস সমীকরণ থেকে,

$$PV = \frac{g}{m}RT$$

$$\therefore g = \frac{PV}{RT}$$

$$\therefore g = \frac{1.01 \times 10^5 \times 131.40 \times 10^{-6} \times 44}{8.314 \times 308}$$

$$= 0.228 \text{ g}$$

এখানে, P = গ্যাসের চাপ 101 kPa
$= 1.0 \times 10^5 Pa = 1.01 \times 10^5$ N m^{-2}
V = গ্যাসের আয়তন = 131.40 $cm^3 = 131.40 \times 10^{-6}$ m^3
M = প্রোপেনের গ্রাম আণবিক ভর = 44 g mol^{-1}
R = মোলার গ্যাস ধ্রুবক = 8.314 J. $mol^{-1}K^{-1}$,
T = তাপমাত্রা = (35 + 273) K = 308 K

(ii) আমরা জানি, উৎপন্ন তাপ = $ms\Delta t = 178 \times 4.18 \times 15.5 = 11532.62\ J = 11.5326\ kJ$

(iii) 0.228 g প্রোপেন থেকে উৎপন্ন তাপ 11.5326 kJ.

∴ 44 g প্রোপেন থেকে উৎপন্ন তাপ 2225.589 kJ.

(i) ব্যবহৃত প্রোপেনের ভর 0.228 g, (ii) উৎপন্ন তাপের পরিমাণ 11.5326 kJ, (iii) তাপের মান 2225.589 kJ .

উদাহরণ ২ : একটি LPG গ্যাস সিলিন্ডারের খালি অবস্থায় ওজন 15.2 kg। বিউটেন গ্যাসভর্তি অবস্থায় ওজন 35.4 kg এবং চাপ 2.65 atm। 27 °C তাপমাত্রায় 7 দিন গ্যাস ব্যবহারের পর সিলিন্ডারের ওজন কমে হয় 29.6 kg। সিলিন্ডারে বর্তমান অবশিষ্ট গ্যাসের চাপ ও সাধারণ ব্যবহারিক শর্তে ব্যবহৃত গ্যাসের আয়তন কত m^3?

সমাধান : সিলিন্ডারের ব্যবহৃত গ্যাসের ওজন $(35.4 - 29.6) = 5.8\ kg = 5.8 \times 1000\ g$।

বিউটেন ($CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_3$) গ্যাসের আণবিক ভর = 58

∴ ব্যবহৃত LPG গ্যাসের মধ্যে বিউটেনের মোল সংখ্যা $= \frac{5.8 \times 1000}{58} = 100$

সাধারণ ব্যবহারিক শর্তে সিলিন্ডার থেকে নির্গত গ্যাসের চাপ = 1 atm এবং তাপমাত্রা = 27 °C = 300 K।

∴ সাধারণ ব্যবহারিক শর্তে ব্যবহৃত গ্যাসের আয়তন, $V = \frac{nRT}{P} = \frac{100 \times 0.0821 \times 300}{1} = 2463\ L = 2.463\ m^3$।

∴ ব্যবহৃত গ্যাসের আয়তন 2.643 m^3। LPG গ্যাস সিলিন্ডারের তরল বিউটেনের সাথে গ্যাসীয় বিউটেন সাম্যাবস্থায় বর্তমান থাকে। সিলিন্ডারের মধ্যে যতক্ষণ পর্যন্ত তরল বিউটেন থাকে ততক্ষণ পর্যন্ত সিলিন্ডারের মধ্যে চাপ অপরিবর্তিত থাকে। সিলিন্ডার থেকে মাত্র 5.8 kg গ্যাস ব্যবহার করা হয়েছে। এ জন্য সিলিন্ডারের মধ্যে যথেষ্ট তরল বিউটেন বর্তমান আছে। সুতরাং সিলিন্ডারের মধ্যে গ্যাসের চাপ হবে প্রাথমিক চাপের সমান চাপ। অর্থাৎ 2.65 atm।

নিজে কর – ১.২৩ :

১. একটি LPG গ্যাস সিলিন্ডার 12.5 kg বিউটেন গ্যাস রক্ষিত আছে। কোনো পরিবার রান্নার জন্য প্রতিদিন 14278 kJ শক্তির প্রয়োজন হলে ঐ সিলিন্ডারের গ্যাস কতদিন ব্যবহার করা যাবে? (বিউটেনের দহন তাপ 2650 kJ mol^{-1}) **উত্তর :** 40 দিন।

২. একটি LPG গ্যাস সিলিন্ডারে 6.75 kg বিউটেন, 5.0 kg প্রোপেন ও 4.0 kg প্রোপিন গ্যাস রক্ষিত আছে। কোনো পরিবার রান্নার জন্য প্রতিদিন 20758 kJ শক্তির প্রয়োজন হলে ঐ সিলিন্ডারের গ্যাসে কতদিন ব্যবহার করা যাবে? (বিউটেন, প্রোপেন ও প্রোপিনের দহন তাপ যথাক্রমে 2650 kJ.mol^{-1}, 2150 kJ mol^{-1} ও 1825 kJ.mol^{-1}) **উত্তর :** 35 দিন।

৩. একটি গ্যাস সিলিন্ডারে 3 kg.cm^{-2} চাপে 15 kg LPG গ্যাসে ভর্তি আছে। এক সিলিন্ডার গ্যাস দ্বারা একটি পরিবারের 30 দিন রান্নার কাজ চলে, সেখানে প্রতিদিন গড়ে 23751.30 kJ তাপের প্রয়োজন হয়েছিল। সিলিন্ডারের তরল গ্যাস দুটি বিউটেন ও প্রোপেন হলে প্রত্যেকটির পরিমাণ নির্ণয় কর। (বিউটেন ও প্রোপেনের দহন তাপ যথাক্রমে 2650 kJ.mol^{-1} ও 2150 kJ mol^{-1})
উত্তর : বিউটেন 5 kg, প্রোপেন 10 kg।

৪. পাইপ লাইনের মাধ্যমে সরবরাহকৃত গ্যাস মূলত CH_4 আর LPG গ্যাস সিলিন্ডারের গ্যাস মূলত বিউটেন। প্রমাণ অবস্থায় প্রতি লিটার CH_4 এর মূল্য 55 টাকা হলে প্রতি লিটার বিউটেনের মূল্য নির্ধারণ কর। (দেওয়া আছে C – C, C – H, O = O, C = O, O – H বন্ধন শক্তি যথাক্রমে 344, 431.5, 498, 724, 436 kJ mol^{-1}।) **উত্তর :** 89.09 টাকা।

৫. ডিজেল ($C_{14}H_{30}$) ও পেট্রোল (C_9H_{20}) উভয়ই জীবাশ্ম জ্বালানি। 1.0 ml ডিজেলকে বায়ুতে সম্পূর্ণভাবে দহন করে উৎপন্ন তাপ দ্বারা 200 g পানির তাপমাত্রা 43.25°C বৃদ্ধি করা যায়। ডিজেলের ঘনত্ব 0.763 g.mL^{-1}. এ পরীক্ষায় তাপের কোনো অপচয় ঘটে নাই ধরে নিয়ে এক মোল ডিজেলকে পূর্ণ দহন করে কত kJ তাপ পাওয়া যাবে? **উত্তর :** 9382.81 kJ mol^{-1}।

১.৮ বজ্রপাতের সময় বায়ুমণ্ডলে সংঘটিত বিক্রিয়া ও মাটিতে নাইট্রোজেন ফিক্সেশন

(Reaction in Atmosphere during thunder storm & Nitrogen Fixation in Soil)

১.৮.১ বজ্রপাতের সময় বায়ুমণ্ডলে সংঘটিত বিক্রিয়া (Reaction in Atmosphere during thunder storm)

তোমরা নিশ্চয়ই জান বায়ুমণ্ডলে নাইট্রোজেনের পরিমাণ প্রায় 78%। বায়ুমণ্ডলই মৌলিক নাইট্রোজেনের অফুরন্ত উৎস। বায়ু হতে এ নাইট্রোজেন প্রাকৃতিক নিয়মে যৌগরূপে মাটিতে চলে আসে। এক্ষেত্রে মুখ্য ভূমিকা রাখে বজ্রপাত। বজ্রপাতের সময় যে বিদ্যুৎ স্ফুলিঙ্গের সৃষ্টি হয় তার প্রভাবে বায়ুস্থ কিছু নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন যুক্ত হয়ে প্রথমে নাইট্রিক অক্সাইড (NO) ও পরে অধিক অক্সিজেনের সাথে যুক্ত হয়ে নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইডে (NO_2) পরিণত হয়। এ নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড বৃষ্টির পানির সাথে বিক্রিয়া করে নাইট্রিক এসিডে পরিণত হয়ে থাকে।

$$N_2 + O_2 \xrightarrow[3000\ ^\circ C]{\text{বিদ্যুৎ ক্ষরণ}} 2NO; \qquad 2NO + O_2 \xrightarrow{50\ ^\circ C} 2NO_2; \qquad 4NO_2 + 2H_2O + O_2 \rightarrow 4HNO_3$$

উৎপন্ন HNO_3 বৃষ্টির পানির সাথে মিশে মাটিতে আসে এবং মাটির ক্ষারকীয় পদার্থ যেমন চুন, ক্যালসিয়াম কার্বনেট প্রভৃতির সাথে বিক্রিয়া করে দ্রবণীয় নাইট্রেট লবণ হিসেবে মাটিতে মিশে যায়।

$$CaO + 2HNO_3 \rightarrow Ca(NO_3)_2 + H_2O; \qquad CaCO_3 + 2HNO_3 \rightarrow Ca(NO_3)_2 + H_2O + CO_2$$

১.৮.২ মাটিতে নাইট্রোজেন ফিক্সেশন (Nitrogen Fixation in Soil)

উদ্ভিদ ও প্রাণী উভয়ের জন্যই নাইট্রোজেন একটি অতি প্রয়োজনীয় উপাদান। নাইট্রোজেন চক্রের জন্যই উদ্ভিদ ও প্রাণিজগতের বৃদ্ধি ও পুষ্টি সাধন ঘটে। উদ্ভিদ প্রত্যক্ষ ও পরোক্ষভাবে বায়ুর N_2 কে সংগ্রহ করে প্রোটিন সংশ্লেষণ করে থাকে। এ উদ্ভিজ্জ প্রোটিন প্রাথমিকভাবে উদ্ভিদ ও প্রাণীর প্রয়োজন মিটিয়ে থাকে।

বায়ুমণ্ডলের মুক্ত নাইট্রোজেনকে যে প্রক্রিয়ায় নাইট্রোজেন যৌগে পরিণত এবং পরে তাকে ব্যবহার উপযোগী করে আবদ্ধ করে রাখা হয়, একে নাইট্রোজেন ফিক্সেশন বলা হয়ে থাকে। প্রাণী ও বেশির ভাগ উদ্ভিদ বায়ুর মুক্ত নাইট্রোজেনকে সরাসরি গ্রহণ করতে পারে না বলে নাইট্রোজেন ফিক্সেশনের উপযোগিতা ও গুরুত্ব অপরিসীম। নাইট্রোজেন ফিক্সেশনের প্রক্রিয়াকে দুভাগে ভাগ করা হয়ে থাকে। ১. প্রাকৃতিক ফিক্সেশন ও ২. কৃত্রিম ফিক্সেশন।

১. প্রাকৃতিক ফিক্সেশন :

(ক) বজ্রপাতের সময় আকাশে যখন বিদ্যুৎক্ষরণ হয় তখন প্রচণ্ড তাপে বায়ুস্থ N_2 ও O_2 যুক্ত হয়ে নাইট্রিক অক্সাইড (NO) গ্যাস উৎপন্ন করে। উৎপন্ন NO গ্যাস শীতল অবস্থায় বায়ুর অক্সিজেনের সাথে যুক্ত হয়ে নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড (NO_2) উৎপন্ন করে। উৎপন্ন NO_2 বৃষ্টির পানির সাথে মিশে বিক্রিয়া করে নাইট্রিক এসিডে পরিণত হয়। পরিবর্তিত নাইট্রিক এসিড বৃষ্টির পানির সাথে মিশে মাটিতে এসে পড়ে এবং মাটির ক্ষারকীয় উপাদান চুন, চুনাপাথর ও অন্যান্য ধাতব অক্সাইডের সাথে বিক্রিয়া করে দ্রবণীয় নাইট্রেট লবণ উৎপন্ন করে।

$$N_2 + O_2 \xrightarrow[3000\ ^\circ C]{\text{বিদ্যুৎ ক্ষরণ}} 2NO; \qquad 2NO + O_2 \xrightarrow{50\ ^\circ C} 2NO_2; \qquad 4NO_2 + 2H_2O + O_2 \rightarrow 2HNO_3$$

$$CaO + 2HNO_3 \rightarrow Ca(NO_3)_2 + H_2O; \qquad CaCO_3 + 2HNO_3 \rightarrow Ca(NO_3)_2 + H_2O + CO_2$$

উৎপন্ন নাইট্রেট লবণ উদ্ভিদের খাদ্যরূপে মাটিতে সঞ্চিত থাকে।

(খ) উদ্ভিদ শিকড়ের সাহায্যে মাটি থেকে নাইট্রেট লবণ ও নাইট্রোজেন সার শোষণ করে উদ্ভিজ্জ প্রোটিনে পরিণত করে থাকে। শিম, মটরশুঁটি, ছোলা প্রভৃতি লিগুমিনাস জাতীয় উদ্ভিদের শিকড়ের গুটিতে বসবাসকারী সিমবায়োটিক জীবাণু বায়ুর মুক্ত N_2 কে শোষণ করে উদ্ভিদের প্রোটিন উৎপাদনে সহায়তা করে থাকে। আবার কিছু কিছু ননসিমবায়োটিক জীবাণু যেমন অ্যাজোটোব্যাকটর সরাসরি বায়ু হতে N_2 গ্রহণ করে উদ্ভিজ্জ প্রোটিন ও অ্যামিনো এসিড উৎপন্ন করে। এসব উদ্ভিদের মৃত্যুর পর তা মাটিতে মিশে যায় এবং মাটিতে নাইট্রেট লবণ উৎপন্ন করে। যে কারণে ডাল জাতীয় উদ্ভিদের পচনের ফলে সবুজ সার উৎপন্ন হয় এবং মাটির উর্বরতা বৃদ্ধি পায়।

২. **কৃত্রিম ফিক্সেশন :** রাসায়নিক পদ্ধতিতে কৃত্রিমভাবে নাইট্রোজেনকে বিভিন্ন যৌগরূপে সংবদ্ধন করা হয়ে থাকে।

(ক) হেবার প্রণালিতে অ্যামোনিয়ারূপে ফিক্সেশন : বিশুদ্ধ N_2 ও H_2 কে 1 : 3 অনুপাতে মিশ্রিত করে 200 atm চাপ প্রয়োগ করে প্রভাবক আয়রন চূর্ণ ও প্রভাবক সহায়ক Mo এর উপস্থিতিতে 550°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। ফলে N_2 ও H_2 এর বিক্রিয়ায় NH_3 উৎপন্ন হয়।

$$N_2 + 3H_2 \xrightarrow[Al_2O_3/Mo]{\text{200 atm, 550 °C তাপমাত্রা}} 2NH_3$$

এ NH_3 গ্যাস থেকে ইউরিয়া ও ডাইঅ্যামোনিয়াম ফসফেট (DAP) সার প্রস্তুত করা হয়ে থাকে।

$2NH_3(g) + CO_2(g) \rightarrow CO(NH_2)_2$ (ইউরিয়া) $+ H_2O$

(খ) নাইট্রিক এসিডরূপে : আর্ক প্রণালিতে বায়ুর N_2 ও O_2 কে বৈদ্যুতিক চুল্লিতে প্রায় 3000°C তাপমাত্রায় সংশ্লেষণ বিক্রিয়ার মাধ্যমে NO গ্যাসে পরিণত করা হয়। উৎপন্ন NO গ্যাসের সাথে অধিক অক্সিজেন ও পানির বিক্রিয়ায় HNO_3 রূপে নাইট্রোজেনকে ফিক্সেশন করা হয়ে থাকে।

$N_2 + O_2 \xrightarrow{3000\ °C} 2NO$; $\quad 2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$; $\quad 4NO_2 + 2H_2O + O_2 \rightarrow 4HNO_3$

অসওয়াল্ডের প্রণালিতে : $4NH_3(g) + 5O_2(g) \xrightarrow{Pt,\ 900\ °C} 4NO(g) + 6H_2O$ (বাষ্প)

$2NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g)$, $\quad 4NO_2(g) + O_2(g) + 2H_2O(l) \rightarrow 4HNO_3(l)$

উৎপন্ন HNO_3 থেকে নাইট্রেট সার যেমন সোডিয়াম নাইট্রেট ($NaNO_3$), ক্যালসিয়াম নাইট্রেট $Ca(NO_3)_2$, ক্যালসিয়াম অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট ($CaCO_3.NH_4NO_3$) উৎপাদন করে মাটিতে মিশানো হয়। এসব নাইট্রেট সারের মধ্যে ক্যালসিয়াম অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট সর্বোত্তম সার। এতে প্রায় 20% নাইট্রোজেন বর্তমান থাকে। এটি সহজেই মাটিতে দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে এবং উদ্ভিদ অতি সহজে মাটি হতে গ্রহণ করতে পারে।

১.৯ শিল্পের গ্যাসীয় বর্জ্য ও বায়ু দূষণ (Gasious Wastes of Industry and Air Pollution)

একজন সুস্থ মানুষের শ্বাস-প্রশ্বাসের জন্য প্রতিদিন প্রায় 14 kg বায়ুর প্রয়োজন। শিল্পের গ্যাসীয় বর্জ্য মারাত্মকভাবে বায়ুর দূষণ ঘটিয়ে থাকে। বায়ুর দূষক উপাদানগুলোর মধ্যে বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য CO, CO_2, SOx, NOx, হাইড্রোকার্বন, ধুলাবালি, ধাতুকণাসহ আরও অন্যান্য অনেক ভয়ঙ্কর সব বিষাক্ত উপাদান। বায়ুমণ্ডলে তাদের মাত্রা সহনীয় অনুপাত অপেক্ষা বেশি হলে তা দূষক উপাদান হিসেবে গণ্য হয়। বায়ু দূষক এর মধ্যে কিছু প্রাইমারি দূষক আর কিছু সেকেন্ডারি দূসক। যেসব দূষক তাদের উৎস থেকে নির্গত হয়ে অপরিবর্তিত অবস্থায় সরাসরি পরিবেশে বিশেষ করে বায়ুতে মিশে যায়, তাদেরকে প্রাইমারি দূষক বলে। যেমন, ধূলিকণা, ছাই, ধোঁয়া, SO_2, CO_2, CO, NH_3, H_2S, হাইড্রোকার্বন ইত্যাদি।

গ্যাস	নিরাপদ সর্বোচ্চ মাত্রা
১. SO_2	১. 0.05 ppm
২. SO_3	২. 0.02 ppm
৩. CO_2	৩. 350 ppm
৪. CO	৪. 0.15 ppm
৫. NO_2	৫. 250 ppb
৬. NO	৬. 350 ppb

পরিবেশের এক বা একাধিক উপাদানের সাথে প্রাইমারি দূষক যুক্ত হয়ে যে নতুন দূষকের সৃষ্টি করে, তাকে সেকেন্ডারি দূষক বলে। যেমন, SO_3, NO_2, H_2SO_4, N_2O_5 ইত্যাদি। বিশ্ব স্বাস্থ্য সংস্থা (WHO) এর দিক নির্দেশনা অনুযায়ী বায়ুতে বিভিন্ন দূষক উপাদানের নিরাপদ সর্বোচ্চ মাত্রা SO_2 0.05 ppm, SO_3 0.02 ppm, CO_2 350 ppm, CO 0.15 ppm, NO_2 250 ppb, NO 350 ppb এর বেশি হওয়া উচিত নয়।

বিশেষ কয়েকটি শিল্প-কারখানার বর্জ্য যা বায়ুকে দূষণ করে থাকে তার কিছু নিচে উল্লেখ করা যাক।

১. **অটোমোবাইল থেকে সৃষ্ট বায়ু দূষণ (Air Pollution from Automobiles) :** যান্ত্রিক সভ্যতা ও প্রগতির উন্নয়নের সাথে সাথে মানুষের দৈনন্দিন জীবনে যান্ত্রিক পদ্ধতির ব্যবহার সারা পৃথিবীতে ক্রমেই বৃদ্ধি পাচ্ছে। একদিকে সৃষ্টি হচ্ছে অপরিকল্পিত নগরায়ন অন্যদিকে যানবাহনের ব্যাপকতা ক্রমেই ভয়াবহ রূপ ধারণ করছে। আমাদের বাংলাদেশে বিশেষ করে ঢাকা শহরে রাস্তার তুলনায় যানবাহনের সংখ্যা অনেক বেশি হওয়ায় মহানগরীয় সড়কগুলোতে প্রতিনিয়ত দুর্বিষহ যানজটের সৃষ্টি হয়। মোটরযানের নির্গত ধোঁয়া থেকে বিপুল পরিমাণ NOx, CO, CO_2, SOx, $PbCl_2$, $PbBr_2$, PbBrCl প্রভৃতি বায়ু দূষক বায়ুমণ্ডলে নির্গত হয়ে বায়ুতে মিশে যাচ্ছে। জ্বালানির পূর্ণ দহন ও ইঞ্জিনের নকিং রোধের কারণে পেট্রোলিয়াম জাতীয় উপাদান বিশেষ করে পেট্রোল (C_9H_{20}), ডিজেল ($C_{14}H_{30}$), অকটেন (C_8H_{18}) গ্যাসোলিন এর সাথে টেট্রাইথাইল লেড, $Pb(C_2H_5)_4$ বা TEL মিশ্রিত করা হয়। যদিও বর্তমানে এর ব্যবহার নিষিদ্ধ। এটি বায়ুমণ্ডলে এসে বায়ুর দূষণ ঘটায়।



চিত্র ১.৯.১ : গাড়ী থেকে নির্গত কালো ধোঁয়ায় বায়ু দূষণ

$Pb(C_2H_5)_4 + C_2H_4Cl_2 + C_2H_4Br_2 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + PbCl_2 + PbBr_2 + PbBrCl.$

বায়ুতে উপস্থিত লেড মানবদেহে প্রবেশ করে স্বল্পমেয়াদি ও দীর্ঘ মেয়াদি বিষক্রিয়ার সৃষ্টি করে থাকে। নির্গত হাইড্রোকার্বন ও NOx সূর্যালোকের উপস্থিতিতে পরস্পরের সাথে বিক্রিয়া করে সেকেন্ডারি দূষক যেমন ওজোন (O_3), মিথান্যাল (H–CHO), পারঅক্সিঅ্যাসাইল নাইট্রেট (PAN) প্রভৃতি উৎপন্ন করে থাকে যা বায়ুতে মিশে বায়ুর দূষণ ঘটায়।

২. **ইটের ভাটা (Brick Field) :** দেশের বিভিন্ন স্থানে অপরিকল্পিতভাবে গড়ে ওঠা ইটের ভাটা হতে নির্গত ধোঁয়া বায়ুর দূষণ ঘটায়। এ নির্গত ধোঁয়ার মধ্যে CO, CO_2, SOx, H_2S, উড়ন্ত ভস্ম, বিষাক্ত গ্যাস প্রচুর পরিমাণে বিদ্যমান। এসব দূষকের কারণে আশেপাশের জীববৈচিত্র্যের মারাত্মক ক্ষতি হয়ে থাকে।

৩. **তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্র :** প্রতিটি তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্র হতে প্রচুর পরিমাণে বায়ু দূষক উৎপন্ন হয়ে বায়ুর দূষণ ঘটায়। তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্রে কয়লার দহনের ফলে উৎপন্ন CO, CO_2, SOx, ধাতব কণা, ভস্ম বায়ুতে মিশে থাকে যা কিনা মানুষের সহনীয় মাত্রাকে অতিক্রম করে থাকে (চিত্র ১.৯.২)।



চিত্র ১.৯.২ : তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্রের বায়ু দূষণ

৪. **তামাক প্রক্রিয়াজাতকরণ শিল্প :** দেশের বিভিন্ন স্থানে বিশেষ করে রংপুর, দিনাজপুর, কুষ্টিয়া, যশোর, পার্বত্য চট্টগ্রাম প্রভৃতি স্থানে মাদক ব্যবসায়ীদের অপতৎপরতায় গড়ে উঠেছে তামাক প্রক্রিয়াজাতকরণ শিল্প। এসব শিল্প-কারখানা হতে ভয়ঙ্কর বিষাক্ত সব গ্যাস নির্গত হয়ে তা বায়ুতে মিশে থাকে। এসব গ্যাসের মধ্যে CO, CO_2, SOx, AsH_3, As_2O_3, অন্যান্য ভারী ট্রেস মৌলের যৌগ বর্তমানে থাকে। এসব বায়ুদূষক বায়ুতে মিশে গিয়ে মানবদেহে মারাত্মক রোগের সৃষ্টি করে থাকে।

৫. **অ্যামোনিয়া (NH_3) :** ইউরিয়া সার কারখানা একটি ভারী শিল্প। ইউরিয়া সার উৎপাদনের ক্ষেত্রে অ্যামোনিয়া (NH_3) হলো মধ্যবর্তী কাঁচামাল। এ শিল্প ইউনিট হতে লিকেজের মাধ্যমে ও প্রক্রিয়াজাতকরণের সময় প্রচুর NH_3 গ্যাস বায়ুতে মিশে বায়ুর দূষণ ঘটে। অসহনীয় ঝাঁঝালো গন্ধ, শ্বাসকষ্ট, চোখ জ্বালাপোড়া করাসহ নানাবিধ উপসর্গের সৃষ্টি হয়। বায়ুতে অতিরিক্ত NH_3 মিশে গেলে মৃত্যু পর্যন্ত হতে পারে।

৬. **ক্লোরিন (Cl_2) :** ক্লোরিন (Cl_2) একটি অত্যন্ত মারাত্মক বায়ু দূষক। কস্টিক সোডার বাণিজ্যিক উৎপাদনের সময় প্রচুর পরিমাণে Cl_2 গ্যাস উপজাত হিসেবে উৎপন্ন হয়। এ সময়ে বেশ কিছু Cl_2 গ্যাস বায়ুমণ্ডলে মিশে থাকে। Cl_2 একটি অত্যন্ত জারকধর্মী মৌল ও বিরঞ্জক হওয়ায় বায়ুমাধ্যম হয়ে শরীরে প্রবেশ করে নানাবিধ রোগের সৃষ্টি করে থাকে।

৭. **বর্জ্য ব্যাটারি লেড প্রক্রিয়াজাতকরণ :** মোটরযান, আইপিএস, ইঞ্জিনচালিত রিক্সা, মাইকিং সার্ভিস, গ্রামগঞ্জে যেখানে এখনও বিদ্যুৎ পৌঁছায়নি সেসব স্থানে লেড ব্যাটারির ব্যবহার বেশ ব্যাপক। মেয়াদ উত্তীর্ণ হওয়ার পর এসব বর্জ্য ব্যাটারি হতে রিসাইক্লিনিং প্রক্রিয়ায় লেড ধাতু সংগ্রহ করা হয়। এ রিসাইক্লিনিং প্রক্রিয়ায় দহনের সময় লেড ট্রেস ধাতু হিসেবে ও যৌগ হিসেবে বায়ুর দূষণ ঘটায়।

৮. **সিমেন্ট শিল্প (Cement Industries) :** সিমেন্ট শিল্পের অন্যতম কাঁচামাল চুনাপাথর ও ক্লিংকার। এ সব উপাদানকে মিহিগুঁড়ায় পরিণত করার সময় প্রচুর পরিমাণ সূক্ষ্মকণা বায়ুতে মিশে গিয়ে বায়ু দূষণ ঘটায়।

৯. **উড়ন্ত ছাই (Fly Ash) :** যেকোনো ধরনের জ্বালানির দহনের শেষে অবশেষ হিসেবে পড়ে থাকে ছাই। ছাই এর কোনো তাপীয় মান নেই। জীবাশ্ম জ্বালানির দহনের ফলে উড়ন্ত ছাই সৃষ্টি হয়। এর মধ্যে SiO_2, Al_2O_3 ছাড়াও C, S, P, Na, K প্রভৃতি মৌল বর্তমান থাকে। এর প্রভাবে প্রাণী ও উদ্ভিদজগতের মারাত্মক ক্ষতি হয়ে থাকে।



চিত্র ১.৯.৩ : মানবদেহে বায়ুদূষণের ক্ষতিকর প্রভাব

১০. **বিভিন্ন রিসাইক্লিনিং শিল্প :** বিভিন্ন রিসাইক্লিনিং শিল্প বিশেষ করে প্লাস্টিক, অ্যালুমিনিয়াম, লোহা, কাঁসা, পিতল, ঢালাই শিল্প হতে নির্গত ধোঁয়া, বিষাক্ত উপাদান ও ধাতব কণা বায়ুতে মিশে বায়ুর দূষণ ঘটায়। পরিত্যক্ত প্লাস্টিক রিসাইক্লিনিং করার সময় ক্ষতিকারক জৈব উপাদান বায়ুতে মিশে থাকে। পরিত্যক্ত মবিল বা পোড়া মবিল প্রক্রিয়াজাতকরণের সময় জৈব উপাদান বায়ুতে মিশে গিয়ে বায়ুর দূষণ ঘটায়।

বায়ুর দূষক পদার্থ ও তার উৎস সম্পর্কে তোমাদের ধারণা হয়েছে। তোমরা নিজেরা এবং অন্যদের এ বিষয়ে সচেতন করে প্রকৃতিকে রক্ষা করবে।

শিল্প কারখানা হতে নির্গত বায়ু দূষক :

উৎস	প্রধান প্রধান দূষক উপাদান
১. পেট্রোলিয়াম শোধনাগার ও পেট্রো কেমিক্যাল শিল্প	হাইড্রোকার্বন, CO, SO_2, NOx, NH_3, অ্যালডিহাইড, মারক্যাপটান, পার্টিকুলেট, ধোঁয়া।
২. রাসায়নিক শিল্প	SOx, NOx, H_2S, CO, হাইড্রোকার্বন, Cl_2, এসিড বাষ্প, ফ্লোরাইড, Hg, Pb, Cd, পার্টিকুলেট, অ্যালডিহাইড।
৩. তাপ-বিদ্যুৎকেন্দ্র	উড়ন্ত ছাই, NOx, SOx, CO, অদহনকৃত কার্বন কণা, পার্টিকুলেট।
৪. সার শিল্প	NH_3, SOx, NOx, ইউরিয়ার সূক্ষ্মকণা, বিভিন্ন সারের সূক্ষ্মকণা, এসিড বাষ্প, ক্লোরাইড, ধোঁয়া।
৫. সিমেন্ট শিল্প	SOx, NOx, সূক্ষ্ম সিমেন্ট, চুন, গুঁড়া, উড়ন্ত ছাই, ধোঁয়া।
৬. চামড়া শিল্প	সালফাইড, মারক্যাপটান, Cr।
৭. কাগজ শিল্প	Hg, H_2S, মারক্যাপটান, এসিড বাষ্প।
৮. রং শিল্প	নাইট্রোবেনজিন, অ্যানিলিন, ক্লিনার, Cr, Pb, Cd.
৯. প্লাস্টিক পণ্য উৎপাদন শিল্প	হাইড্রোকার্বন ও তাদের জাতকসমূহ, Cd, H_2S, SO_2.

উৎস	প্রধান প্রধান দূষক উপাদান
১০. ব্যাটারি শিল্প	$PbCl_2$, $PbBr_2$, Hg, CO, Pb. Cd-Ni (ক্যাডমিয়াম নিকেল ব্যাটারি)
১১. মোটর ইঞ্জিন	CO, SOx, NOx, H – CHO, হাইড্রোকার্বন, ধোঁয়া।
১২. ইটের ভাটা	CO, SOx, NOx, উড়ন্ত সূক্ষ্ম ধাতব অক্সাইড কণা, ধোঁয়া।
১৩. কীট ও ছত্রাকনাশক উৎপাদন কারখানা	As, Hg, Pb (লেড আর্সেনেট কীটনাশক), Cd।
১৪. ওয়েল্ডিং, ইলেকট্রোপ্লেটিং, ঢালাই শিল্প	Ni, Cd, Zn, Hg, Cr, SOx, CO।
১৫. ধাতু নিষ্কাশন	বিভিন্ন ধাতু কণা, SOx, CO।
১৬. টেক্সটাইল	ধূলিকণা, পাট তুলা প্রভৃতি ব্যবহৃত কাঁচামালের সূক্ষ্মকণা, সূক্ষ্ম ধাতু কণা, অব্যবহৃত জৈব রাসায়নিক উপাদান।
১৭. তামাক শিল্প	SOx, H_2S, NOx, CO, জৈবকণা, ধোঁয়া ও অন্যান্য বিষাক্ত গ্যাসীয় উপাদান।

25-01-2014 ইং তারিখে সুইজারল্যান্ডের ডাভোসে অনুষ্ঠিত বিশ্ব অর্থনৈতিক ফোরাম সম্মেলনে "Global Environment Performance Index – 2014" এর প্রতিবেদন প্রকাশিত হয়। এ প্রতিবেদনে ১৭৮টি দেশের মধ্যে বাংলাদেশের বাতাস বিশ্বের মধ্যে সবচেয়ে বেশি দূষিত বলে ধরা হয়। মার্কিন যুক্তরাষ্ট্রের ইয়েল ও কলম্বিয়া বিশ্ববিদ্যালয় দ্বিবার্ষিক এ প্রতিবেদনটি তৈরি করে। এর সূচক নির্ণয়ে নয়টি পরিবেশগত বিষয় বিবেচনায় নেয়া হয়। এগুলো হলো বায়ুর মান, স্বাস্থ্যগত প্রভাব, পানি ও স্যানিটেশন, পানি সম্পদ, জীববৈচিত্র্য ও বসতি এবং জলবায়ু ও জ্বালানি সম্পদ। তবে পরিমাপের নয়টি সূচকের নিরিখে বাংলাদেশের অবস্থান 169 তম অর্থাৎ খারাপের দিক থেকে নবম স্থান। বাংলাদেশের বাতাসে CO_2 ও SO_2 গ্যাসের প্রাবল্য দিনে দিনে মানুষের বিভিন্ন রোগ বালাই বিশেষ করে স্নায়ুবিক দুর্বলতা, ফুসফুসের প্রদাহ, অবসাদগ্রস্ততা, এমনকি অতিরিক্ত দূষণ ক্যানসার সৃষ্টিতে সহায়ক ভূমিকা রাখছে। বায়ুর সবচেয়ে খারাপ মান এবং সার্বিক পরিবেশের বৈশ্বিক এ সূচকে বাংলাদেশের নাজুক অবস্থা থেকে বেড়িয়ে আসতে হলে শুধু পরিবেশ, শিল্প, পানি সম্পদ ও জনস্বাস্থ্য প্রকৌশল অধিদপ্তরকেই দায়ী করলে চলবে না পাশাপাশি এ বিসয়ে সৃষ্টি করতে হবে ব্যাপক জনসচেতনতা।

সুখবর! বায়ুদূষণ কমানোয় বাংলাদেশের রাজশাহী শহর বিশ্বসেরা।

বিগত **17.6.2016** তারিখে যুক্তরাজ্যের 'দ্য গার্ডিয়ান' পত্রিকায় প্রকাশিত প্রতিবেদনে প্রকাশ করা হয় বিশ্বের যে ১০টি শহরে গত দুই বছরে বাতাসে ভাসমান ক্ষুদ্র ধূলিকণা কমেছে, এর মধ্যে রাজশাহীতে কমার হার সবচেয়ে বেশি। প্রতিবেদনের প্রকাশিত তথ্য থেকে দেখা যায় 2014 সালে বাতাসে প্রায় 10 মাইক্রোমিটার আকারের ভাসমান ক্ষুদ্র ধূলিকণা প্রতি ঘনমিটারে ছিল 195 মাইক্রোগ্রাম। 2016 এর পরিমাণ দাঁড়ায় 63.9 মাইক্রোগ্রাম। বাতাসে এ ভাসমান ক্ষুদ্র ধূলিকণার কমার পরিমাণ 67.23%। 2014 সালে রাজশাহী শহরের বায়ুতে 2.5 মাইক্রোমিটার আকারের ধূলিকণার পরিমাণ ছিল প্রতি ঘনমিটার বাতাসে 70 মাইক্রোগ্রাম। 2016 সালে কমে দাঁড়ায় 37 মাইক্রোগ্রাম। বাতাসে এ ভাসমান ক্ষুদ্র ধূলিকণার কমার পরিমাণ 47.14%। এ প্রতিবেদনটি তৈরি করা হয় জাতিসংঘের বিশ্ব স্বাস্থ্য সংস্থা (WHO) এর তথ্য উপাত্তের ভিত্তিতে। প্রকৃতপক্ষে 10 মাইক্রোমিটার বা তার চেয়ে কম ব্যাসের কণা সরাসরি শ্বাসনালি হয়ে ফুসফুসে ঢুকে যায়। মানবদেহের জন্য এ কণা মারাত্মক ক্ষতিকর। মানবদেহের জন্য মারাত্মক ক্ষতিকর এ কণাকে অস্বাভাবিক হারে কমানো সম্ভব হয়েছে শুধুমাত্র কিছু বাস্তব পদক্ষেপের কারণে। রাজশাহী শহরকে গাছপালা লাগিয়ে সবুজায়ন করা, ডিজেল চালিত যানবাহন ব্যবহার না করা, রাস্তার পাশের ফুটপাতে কংক্রিট দিয়ে ঘিরে দেওয়া, পরিবেশ বান্ধব ব্যাটারি চালিত অটো রিক্সার ব্যবহার এবং জনসচেতনতা। আশা করা যায়, আগামীতে রাজধানী ঢাকাসহ বাংলাদেশের প্রতিটি শহরের বাতাসের ভাসমান ক্ষুদ্র ধূলিকণা কমে সহনশীল পর্যায়ে নেমে আসবে। রাজধানীবাসী তথা প্রতিটি শহরবাসী নির্মল, বিশুদ্ধ মুক্ত বায়ু সেবন করবে।

সেমিনার - ১.২৪ : দেশের বায়ু দূষণ রোধে নিজ কলেজ/স্থানীয় অন্যান্য কলেজের শিক্ষক, ছাত্রছাত্রীদের অংশগ্রহণে সেমিনারের আয়োজন করতে হবে। সেমিনারের বিষয় **"বায়ু দূষণ এবং এর পরিণতি : প্রেক্ষাপট বাংলাদেশ"** মূল প্রবন্ধ উপস্থাপন করবেন রসায়ন বিভাগের একজন সম্মানিত অধ্যাপক।

১.১০ গ্রিন হাউজ গ্যাসের উৎস ও গ্রিন হাউজ প্রভাব (Sources of Green House Gas & its Effect)

১.১০.১ গ্রিন হাউজ গ্যাসের উৎস (Sources of Green House Gases)

বায়ুমণ্ডলে উপস্থিত যেসব গ্যাসীয় উপাদান পৃথিবীকে ঢালের মতো ঢেকে রেখে উত্তপ্ত পৃথিবী পৃষ্ঠ থেকে বিকিরিত তাপকে মহাশূন্যে ফিরে যেতে বাধা দেয় এবং পৃথিবী পৃষ্ঠ ও এর উপরিভাগের বায়ুমণ্ডলকে উত্তপ্ত করতে বিশেষ ভূমিকা রাখে, এসব গ্যাসকে গ্রিন হাউজ গ্যাস বলা হয়ে থাকে। মূলত CO_2, CH_4, O_3, CFC, N_2O ও জলীয় বাষ্পকে গ্রিন হাউজ গ্যাস বলা হয়। নিচে ছকের মাধ্যমে গ্রিন হাউজ গ্যাসগুলোর উৎস সম্পর্কে আলোচনা করা হলো :

গ্রিন হাউজ গ্যাস	গ্রিন হাউজ গ্যাসের উৎস	CO_2 এর সাপেক্ষে তাপ ধরে রাখার ক্ষমতা	ট্রপোস্ফিয়ারে জীবনকাল (বছর)	CO_2 এর সাপেক্ষে আপেক্ষিক গ্রিন হাউজ প্রভাব	গ্রিন হাউজ প্রতিক্রিয়ায় আপেক্ষিক অংশগ্রহণ
১. কার্বন ডাইঅক্সাইড (CO_2)	দাবানল, তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্র, মোটর পরিবহন ব্যবস্থা, ইটের ভাটা, জেনারেটর, জীবাশ্ম জ্বালানি, গৃহস্থ জ্বালানির দহন, অতিরিক্ত জনসংখ্যা।	1	7	1	49.5%
২. মিথেন (CH_4)	গৃহপালিত পশুর বর্জ্য, প্রাণিজ ও জলজ উদ্ভিদের পচন; শস্য চাষাধীন জলাভূমি, উইপোকা, জৈব জ্বালানি দহন, ভূমিধ্বস, প্রাকৃতিক গ্যাসের অপচয়, কয়লা উত্তোলন, প্রাকৃতিক গ্যাস ক্ষেত্র।	36	10	6	18%
৩. ওজোন (O_3)	মোটরগাড়ির ইঞ্জিন, তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্র, বিভিন্ন ধরনের ধোঁয়াশা (Smog), প্রকৃতিতে বৈদ্যুতিক স্ফুলিঙ্গ, বিভিন্ন ইন্ডাস্ট্রিতে জীবাশ্ম জ্বালানির দহনের ফলে নাইট্রোজেনের অক্সাইডসমূহ উৎপন্ন হয়, মূলত এরা বায়ুমণ্ডলের উপস্থিত হাইড্রোকার্বনসমূহ ও অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া করে ওজোন গ্যাসের সৃষ্টি করে থাকে।	430	0.2	1	12%
৪. নাইট্রোজেন অক্সাইড (NO_x)	জীবাশ্ম জ্বালানির দহনে, কৃষিক্ষেত্রে রাসায়নিক সারের ব্যাপক ব্যবহার, ভস্মীকরণ, মোটর ইঞ্জিনের জ্বালানিরূপে ব্যবহৃত তেলের দহন, বাণিজ্যিক তাপীয় প্লান্ট, হিটার।	140	10	350	6.5%
৫. ক্লোরোফ্লোরো কার্বন (CFC)	অ্যারোসল, রেফ্রিজারেটর, স্প্রেকারক, শীতাতপ নিয়ন্ত্রণ যন্ত্র, হিমঘর, প্লাস্টিক ফোম, কম্পিউটারে সূক্ষ্ম বৈদ্যুতিক খণ্ডাংশ।	ফ্রেয়ন-11 (Cl_3CF) 14600	75	18000	14.6%
		ফ্রেয়ন-12 (Cl_2CF_2) 17000	110	31000	14.6%

উৎসের ব্যাখ্যা :

১. **কার্বন ডাইঅক্সাইড (CO_2) :** গ্রিন হাউজ গ্যাসগুলোর মধ্যে বায়ুমণ্ডলে সবচেয়ে বেশি পরিমাণে থাকে CO_2। এটিই মূল গ্রিন হাউজ গ্যাস এবং পরিমাণে প্রায় 50%। পৃথিবীতে 2016 সালে জনসংখ্যা প্রায় 740 কোটি। এ বিপুল জনগোষ্ঠীর চাহিদা মেটাতে বৃদ্ধি পেয়েছে যানবাহনের। তৈরি হচ্ছে নতুন নতুন শিল্প এবং অধিক হারে ইটের ভাটা। এসব স্থান হতে নির্গত হচ্ছে অধিক পরিমাণে CO_2 গ্যাস। এ কারণে বায়ুমণ্ডলে CO_2 এর পরিমাণ দিন দিন বেড়েই চলছে এবং এ বৃদ্ধি হার বর্তমানে বছরে গড়ে 0.4%। এ হারে বৃদ্ধি পেতে থাকলে আগামী এক শতকের মধ্যে বায়ুমণ্ডলে CO_2 এর পরিমাণ প্রায় দ্বিগুণ হয়ে যাবে। গ্রিন হাউজ প্রতিক্রিয়ায় এ গ্যাসের আপেক্ষিক অংশগ্রহণ প্রায় 49%। এছাড়া প্রাণিকুলের শ্বসনের জন্য অক্সিজেনের গ্রহণ ও CO_2 এর ত্যাগ ঘটে। উদ্ভিদ খাদ্য তৈরির জন্য CO_2 গ্রহণ করে সাম্যাবস্থা সৃষ্টি করে। কিন্তু বর্তমানে যে হারে বন ধ্বংস হয়ে যাচ্ছে এবং গাছপালা কেটে ফেলা হচ্ছে তাতে সেদিন বেশি দূরে নয় যখন প্রাণিজগৎ হবে CO_2 গ্যাসের বড় উৎস।

২. **মিথেন (CH_4) :** উত্তপ্ত পৃথিবী পৃষ্ঠ থেকে অতিরিক্ত বিকিরিত তাপের অপসারণকে আটকে দেওয়ার ক্ষেত্রে CO_2 এর ভূমিকার পরেই CH_4 এর অবস্থান। জলাভূমিতে পচনশীল উদ্ভিদ ব্যাকটেরিয়ার প্রভাবে মিথেন গ্যাস উৎপন্ন করে থাকে। গবাদিপশুর মলমূত্রের পচনের ফলে ও আবদ্ধ বায়ুতে মৃত জীবজন্তুর পচনের ফলে মিথেন গ্যাস উৎপন্ন হয়। এছাড়া বিভিন্ন জৈব বর্জ্য বিশেষ করে পৌর এলাকার জৈব বর্জ্য পদার্থও এ গ্যাসের অন্যতম উৎস। এভাবে প্রতিনিয়ত বায়ুমণ্ডলে CH_4 গ্যাসের পরিমাণ প্রতিদিন বেড়েই চলছে। CH_4 গ্যাস CO_2 অপেক্ষাও ভয়ঙ্কর। কারণ প্রতি অণু মিথেনের তাপ আটকে দেওয়ার ক্ষমতা প্রতি অণু CO_2 এর তুলনায় প্রায় 36 গুণ বেশি। গ্রিন হাউজ প্রভাবে এ গ্যাসের অবদান 12% এর মতো। বায়ুমণ্ডলে নিক্ষিপ্ত CH_4 গ্যাস সক্রিয় থাকে প্রায় 11 বছর।



চিত্র ১.১০.১ : প্রকৃতি ও মানবসৃষ্ট গ্রিন হাউজ গ্যাস

৩. **ক্লোরোফ্লোরো কার্বন (CFC) :** ক্লোরোফ্লোরো কার্বন মানুষ সৃষ্টি কৃত্রিম রাসায়নিক উপাদান। প্রযুক্তির মাধ্যমে উৎপাদিত যন্ত্র যেমন রেফ্রিজারেটর, হিমঘর, শীতাতপ নিয়ন্ত্রক যন্ত্রের হিমায়ক দ্রব্য হিসেবে এর ব্যবহার অধিক। এছাড়া অ্যারোসল স্প্রে, প্লাস্টিক ফোম উৎপাদনে CFC এর ব্যবহার আছে। CFC স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারে ওজোন গ্যাসকে ধ্বংস করে এবং ট্রোপোস্ফিয়ারে গ্রিন হাউজ গ্যাসের উপাদান হিসেবে কাজ করে। বিস্ময়কর বিষয় হলো CFC গ্যাসগুলোর ভূপৃষ্ঠের বিকিরিত তাপকে আটকে দেওয়ার ক্ষমতা CO_2 এর তুলনায় 14500 – 17000 গুণ অধিক। গ্রিন হাউজ প্রভাব সৃষ্টিতে এর ভূমিকা প্রায় 14%।

৪. **ওজোন (O_3) :** ট্রোপোস্ফিয়ারে ওজোন গ্যাস অবস্থান করে। মোটর ইঞ্জিন, তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্র ও বিভিন্ন শিল্পে জীবাশ্ম জ্বালানির দহনের ফলে NO_2 উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন NO_2 বায়ুমণ্ডলে উপস্থিত হাইড্রোকার্বনসমূহ ও অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া করে ওজোন (O_3) গ্যাসের উৎপত্তি ঘটায়। গ্রিন হাউজ প্রভাব সৃষ্টিতে এর অবদান প্রায় 12% . CO_2 এর সাপেক্ষে তাপ ধরে রাখার ক্ষমতা 10 গুণ বেশি।

৫. **নাইট্রোজেন অক্সাইড (NO_x) :** মোটর ইঞ্জিন শক্তি উৎপাদন কেন্দ্র, কৃষিক্ষেত্রে ব্যবহৃত নাইট্রোজেন সমৃদ্ধ করে, প্লাস্টিক, এসিড বিস্ফোরক নির্মাণকারী প্রতিষ্ঠান প্রভৃতি হতে NO_x গ্যাস নির্গত হয়ে বায়ুমণ্ডলে মিশে যায়। কৃষিক্ষেত্রে ব্যবহৃত নাইট্রোজেনঘটিত কৃত্রিম সারের উপর অণুজীবের ক্রিয়ার ফলে নাইট্রাস অক্সাইডের উৎপত্তি ঘটে থাকে। অতি দ্রুতগামী এরোপ্লেন হতে প্রচুর পরিমাণ NO গ্যাস নির্গত হয়। এ NO_x গ্যাস গ্রিন হাউজ গ্যাস হিসেবে বায়ুমণ্ডলে ভূমিকা রাখে। স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারে নাইট্রোজেনের অক্সাইডসমূহ বৃদ্ধি পেলে ওজোন স্তরের মারাত্মক ক্ষতি হয়। গ্রিন হাউজ প্রতিক্রিয়ার NO_x গ্যাসের আপেক্ষিক অংশগ্রহণ প্রায় 6%। প্রতি অণু NO_x তাপ আটকে দেওয়ার ক্ষমতা প্রতি অণু CO_2 এর তুলনায় 350 গুণ অধিক।

ড. মা. রসায়ন (২য় পত্র)—০৯ ০৫

১.১০.২ গ্রিন হাউজ প্রভাব (Green House Effect)

বায়ুমণ্ডলে উপস্থিত CO_2, O_3, CH_4, CFC, জলীয় বাষ্প ও অন্যান্য আরো কয়েকটি গ্যাসীয় উপাদান পৃথিবীপৃষ্ঠ থেকে বিকিরিত তাপকে মহাশূন্যে ফিরে যেতে না দিয়ে ভূপৃষ্ঠ ও ভূপৃষ্ঠ সংলগ্ন বায়ুমণ্ডলকে অস্বাভাবিকভাবে উত্তপ্ত করে রাখে। ফলে জীবজগতের বেঁচে থাকার অনুকূল পরিবেশ বিনষ্ট হয়, বিঘ্নিত হয় প্রাকৃতিক পরিবেশের, বিপর্যস্ত হয় উদ্ভিদজগতের তাকে গ্রিন হাউজ প্রভাব বলা হয়ে থাকে। তবে উল্লিখিত গ্যাসগুলোর মধ্যে মূল গ্রিন হাউজ গ্যাস হলো CO_2। মাত্র আগামী একশো বছরে বাতাসে CO_2 এর পরিমাণ বর্তমান অবস্থার দ্বিগুণ হলে পৃথিবী থেকে নিশ্চিহ্ন হয়ে যাবে অনেক প্রাণী।



চিত্র ১.১০.২ : গ্রিন হাউজ প্রভাব

সূর্য ও অন্যান্য নক্ষত্র হতে আগত লাল ও অপেক্ষাকৃত ছোট তরঙ্গ দৈর্ঘ্যযুক্ত অবলোহিত (UV) রশ্মির নির্গমনের ফলে পৃথিবীপৃষ্ঠ এবং এর সংলগ্ন বায়ুমণ্ডল উত্তপ্ত হয়। পৃথিবীপৃষ্ঠ তাপ শোষণের পর তাপ বিকিরণ করে। বিকিরিত তাপ বৃহৎ তরঙ্গদৈর্ঘ্য বিশিষ্ট অবলোহিত (UV) রশ্মির মাধ্যমে বায়ুমণ্ডলে ফিরে আসে। ফিরে আসা তাপের কিছু অংশ বায়ুমণ্ডল থেকে মহাশূন্যে বিলীন হয়। আর অবশিষ্ট অংশ বায়ুমণ্ডলের গ্রিন হাউজ গ্যাস দ্বারা শোষিত হয় এবং পুনঃবিকিরণ হয়ে পৃথিবীপৃষ্ঠে ফিরে এসে পৃথিবীপৃষ্ঠকে উত্তপ্ত করে যা মানুষসহ সমগ্র জীবজগতের বেঁচে থাকা পক্ষে অনুকূল হয়। এটিও কিন্তু গ্রিন হাউজ প্রভাব। যদি বায়ুমণ্ডলে CO_2, জলীয় বাষ্প, O_3 ইত্যাদি গ্যাসীয় পদার্থ না থাকতো তাহলে পৃথিবী পৃষ্ঠের বায়ুমণ্ডল গড় উষ্ণতা হতো – 30 °C। আমাদের এ সবুজ গ্রহটিতে জীবজগত ও উদ্ভিদজগতের কোনো অস্তিত্বই কল্পনা করা যেত না। বাস্তবে পৃথিবীর বায়ুমণ্ডলে উপস্থিত CO_2, জলীয় বাষ্প, O_3 ইত্যাদি কয়েকটি গ্যাসীয় উপাদান একত্রে গ্রিন হাউজের কাচের মতো কাজ করে পৃথিবীপৃষ্ঠ ও এর উপরিভাগের বায়ুমণ্ডলকে উত্তপ্ত করে রাখে। ফলে জীবজগতের বেঁচে থাকার অনুকূল পরিবেশ সৃষ্টি করে থাকে।

পৃথিবীতে ভূপৃষ্ঠের গড় তাপমাত্রা 15 °C এর কাছাকাছি থাকে। কিন্তু এ গড় তাপমাত্রার মানের মারাত্মক পরিবর্তন দেখা যায়। শীতকালে শীতপ্রধান দেশে এ তাপমাত্রা হিমাঙ্কের কাছাকাছি চলে আসে। এ তাপমাত্রা উদ্ভিদজগতের ক্ষেত্রে মোটেই সহনশীল ও স্বাভাবিক নয়। এত নিম্ন তাপমাত্রায় সেসব অঞ্চলে অঙ্কুরিত বীজের তথা চারা গাছের বৃদ্ধি ব্যাহত হয়, এমনকি মরে যায়। গ্রীষ্মপ্রধান দেশের উদ্ভিদের পক্ষেও বেড়ে যাওয়া তাপমাত্রার সাথে উদ্ভিদের মানিয়ে নেওয়া সম্ভব হয় না। এসব সমস্যা সমাধানের জন্য এমন একটা আচ্ছাদনের মধ্যে গাছপালা রাখতে হবে যাতে অতিরিক্ত ঠাণ্ডার প্রকোপ থেকে এবং অতিরিক্ত গরমের প্রভাব থেকে উদ্ভিদকে রক্ষা করা সম্ভব হয়। তাই উদ্ভিদের প্রতিপালনের জন্য কাচের ছাদ যুক্ত বাগান ঘর তৈরি করা হয়। এর মধ্যে যান্ত্রিক উপায়ে জলবায়ু ও তাপমাত্রা নিয়ন্ত্রণ করা হয়। এ ধরনের ঘর বা বাগানকেই **গ্রিন হাউস** বলা হয় (চিত্র ১.১০.২)।

মনে রাখবে : আমাদের এ সবুজ পৃথিবী নামক গ্রহটির উদ্ভিদ ও প্রাণিজগতের সমষ্টি জীবমণ্ডল। মহাবিশ্বের মধ্যে জীবমণ্ডল খুবই একটি নগণ্য সীমিত এলাকা। পৃথিবী ও তার পরিমণ্ডলে যেখানেই প্রাণের অস্তিত্ব আছে তা জীবমণ্ডলের অন্তর্ভুক্ত। সকল জীবের বেঁচে থাকার জন্য প্রয়োজনীয় উপকরণ ও সুব্যবস্থা এ জীবমণ্ডলের মধ্যেই সীমাবদ্ধ। মাটির গভীরে এর বিস্তৃতি 10 মিটার। সমুদ্রের গভীরে 100 মিটার এবং বায়ুমণ্ডলে ভূ-পৃষ্ঠ থেকে এর বিস্তৃতি 300 মিটার। জীবমণ্ডলকে তার বৈশিষ্ট্য অনুযায়ী দুভাগে ভাগ করা হয়। একটি স্থলভাগের জীবমণ্ডল, অন্যটি জলভাগের জীবমণ্ডল। স্থলজ উদ্ভিদ, প্রাণী ও মানুষের বসবাস স্থলভাগের জীবমণ্ডলে। জলজ উদ্ভিদ ও বিভিন্ন ধরনের জলজ প্রাণী থাকে জলভাগের জীবমণ্ডলে।

পরিবেশের উপর গ্রিন হাউজ প্রভাব বিশেষভাবে পরিলক্ষিত হয়ে থাকে। যেমন,

১. **তাপমাত্রা বৃদ্ধি :** বিভিন্ন গ্রিন হাউজ গ্যাস যেমন CO_2, CH_4, O_3, CFC জলীয় বাষ্প বায়ুমণ্ডলে বর্তমান থাকায় পৃথিবীপৃষ্ঠ হতে UV রশ্মি প্রতিফলিত হয়ে মহাশূন্যে তাপ বিকিরত হতে দেয় না। এর ফলে ভূ-পৃষ্ঠের তাপমাত্রা অস্বাভাবিকভাবে বেড়ে যায়, গাছপালা মরে গিয়ে একদিকে মরুকরণ শুরু হয় অন্যদিকে উত্তর মেরুর বরফ গলতে থাকে। সমুদ্রের পানির উচ্চতা বৃদ্ধি পেতে থাকে। এ শতাব্দীতে পানির উপরিতলের উচ্চতা প্রায় 4 – 10 ইঞ্চি বেড়েছে। এভাবে চলতে থাকলে আগামী শতাব্দীতে বাংলাদেশ, সুন্দরবন অঞ্চল, নেদারল্যান্ড, শ্রীলঙ্কা, হল্যান্ড, ফ্লোরিডা প্রভৃতি উপকূলবর্তী বহু এলাকা পানির নিচে তলিয়ে যাবে। বহু লোক হারাবে তাদের বাসস্থান। 2013 সালের Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC) এর গবেষণার ফলাফলে দেখা যায় বায়ুমণ্ডলে CO_2 এর পরিমাণ বছরে 0.3 – 0.4% হারে বেড়ে চলছে। বর্তমানে পৃথিবীর গড় তাপমাত্রা 15.4°C। যদি বায়ুতে CO_2 এর পরিমাণ এ হারে বৃদ্ধি পেতে থাকে তাহলে 2150 সাল নাগাত পৃথিবীর তাপমাত্রা প্রায় 3.8°C বৃদ্ধি পাবে। 2150 সালে বৃদ্ধি পেয়ে দাড়াবে 20.2°C। তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে সাইক্লোন, সুপার সাইক্লোন, টর্নেডো, সুনামির মতো ঝড়গুলো আরও বিধ্বংসী হয়ে উঠবে। তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাওয়ায় দাবানলের মাধ্যমে বনভূমির নষ্ট হওয়ার আশঙ্কা বেড়ে যাবে। উত্তর গোলার্ধের মধ্য অক্ষাংশের দেশগুলোতে গ্রীষ্মকালে ঘন ঘন খরা দেখা দিতে পারে। সেক্ষেত্রে উত্তর আমেরিকা ও প্রাক্তন সোভিয়েট ইউনিয়নের মতো ফসল উৎপাদনশীল অঞ্চলগুলোতে ফসলের উৎপাদন হ্রাস পাবে। ফলে পৃথিবীতে খাদ্য ঘাটতি দেখা দেবে। এছাড়াও উচ্চ তাপমাত্রা সহ্য করতে না পেরে অনেক প্রাণীই বিলুপ্ত হবে, ইকোসিস্টেম ভীষণভাবে ক্ষতিগ্রস্ত হবে।

13-12-2015 ইং রোববার ফ্রান্সের রাজধানী প্যারিসে বৈশ্বিক উষ্ণায়নের ফলে জলবায়ুর পরিবর্তনের ঝুঁকি থেকে পৃথিবী রক্ষায় আইনী চুক্তি স্বাক্ষর হয়। পৃথিবীর 195 টি দেশ প্রথম বারের মতো আবদ্ধ হলো একটি নজীরবিহীন ঐতিহাসিক বৈশ্বিক উষ্ণায়ন ও জলবায়ুর পরিবর্তন রোধ চুক্তিতে। 2011 সাথে দক্ষিণ আফ্রিকার ডারবনে বিশ্ব নেতারা একমত হয়েছিলেন বিশ্বের সকল দেশকে নিয়ে কার্বন নির্গমন কমানোর চুক্তি স্বাক্ষরের বিষয়ে। এ চুক্তির উদ্দেশ্য হলো চলতি শতাব্দীর দ্বিতীয় ভাগে গ্রিন হাউস গ্যাস নির্গমন নিয়ন্ত্রণে আনা, বৈশ্বিক উষ্ণতা বৃদ্ধি 1.5 ডিগ্রীর মধ্যে রাখতে চেষ্টা করা এবং 2 ডিগ্রী সেলসিয়ামের নিচে রাখা, ভবিষ্যতে অর্থায়ন বৃদ্ধিসহ 2020 সাল থেকে প্রতি বছর উন্নয়নশীল দেশগুলোকে 100 বিলিয়ন ডলার বা 10 হাজার কোটি ডলার করে প্রদান এবং প্রতি পাঁচ বছর পর পর চুক্তি পর্যালোচনা করা।

তবে এ চুক্তিতে বিশ্বের উষ্ণায়ন রোধে কার্বন নিঃসরণে কোন দেশ কী মাত্রায় কমাবে তা স্পষ্ট নয়। গ্রিন হাউস গ্যাস নিঃসরণ কমাতে কার্যকর প্রকল্প বাস্তবায়নের কথা বলা হয়েছে। কিন্তু প্রকল্প বাস্তবায়নে শিল্পোন্নত দেশগুলো কোন সময়ের মধ্যে কী পরিমাণ অর্থায়ন করবে, তার কোনো সুস্পষ্ট বিবরণ নেই। জলবায়ু পরিবর্তনের বিরূপ প্রভাবের কারণে বাস্তুচ্যুতি বিষয়ে একটি টাস্কফোর্স গঠনের কথা বলা হলেও অভিবাসন ও পরিকল্পিত পুনর্বাসন সম্পর্কে কোনো কথা চুক্তিতে নেই। তবে চুক্তির জন্য গঠিত অ্যাডহক ওয়ার্কিং গ্রুপের কাজ 2016 সালের শুরু থেকেই পরিচালিত হবে।

এ চুক্তির একটি মজার ঘটনা হলো পৃথিবীর 178 টি দেশ তাপমাত্রা বৃদ্ধি 1.5 ডিগ্রী সেলসিয়াস এর মধ্যে সীমাবদ্ধ রাখার দাবি তোলে। কিন্তু যুক্তরাষ্ট্রসহ আটটি দেশ এর বিরোধিতা করে।

মনে রাখবে : বায়ুমণ্ডলের উপরিস্তরে ওজোন স্তরের প্রয়োজনীয়তা এক অর্থে ব্যাপক ও গুরুত্ববহ। সূর্য থেকে আগত ক্ষতিকারক অতিবেগুনি রশ্মি বায়ুমণ্ডলের উপরিস্তরের অক্সিজেন দ্বারা শোষিত হয় এবং ওজোনে রূপান্তরিত হয়। এভাবে উৎপন্ন ওজোন পুনরায় অতিবেগুনি রশ্মি দ্বারা অক্সিজেনে বিয়োজিত হয় এবং তাপশক্তি নির্গত করে। এভাবে ক্ষতিকারক অতিবেগুনি রশ্মি ওপরের দুটি পদ্ধতিতে শোষিত হওয়ার কারণে ভূপৃষ্ঠে এসে পৌঁছাতে পারে না এবং পৃথিবীতে বসবাসকারী প্রাণী অতিবেগুণি রশ্মির ক্ষতিকারক প্রভাব থেকে মুক্ত হয়।

আবার বায়ুমণ্ডলের অক্সিজেন, বজ্রবিদ্যুৎ ও সূর্য থেকে আগত অতিবেগুনি রশ্মির প্রভাবে সামান্য পরিমাণ ওজোন উৎপন্ন করে। ভূপৃষ্ঠ থেকে 25 কিলোমিটার উচ্চতায় ওজোনের ঘনত্ব সবচেয়ে বেশি হয়।

২. **পানি চক্রের পরিবর্তন :** গ্রিন হাউজ প্রভাবে তাপমাত্রার মারাত্মক বৃদ্ধির কারণে সমুদ্রপৃষ্ঠ, বায়ুমণ্ডল, ভূ-পৃষ্ঠে যে পানিচক্র আছে তার পরিবর্তন ঘটবে। তাপমাত্রার বৃদ্ধির ফলে অধিক হারে পানি বাষ্পীভূত হবে। কিছু কিছু অঞ্চলের মাটি একেবারে শুকিয়ে শুষ্ক হয়ে পড়বে। গ্রীষ্মকালে গরমের মাত্রা বেড়ে যাবে। আর বর্ষাকালে অতিবৃষ্টির কারণে বন্যা দেখা দেবে। বিপন্ন হবে জনপথ।

৩. **বজ্রপাতের প্রভাব :** গ্রিন হাউস প্রভাবের ফলে নতুন মাত্রায় যুক্ত হয়েছে বজ্রপাত। বৈশ্বিক উষ্ণায়নের ফলে বজ্রপাতও বিধ্বংসী রূপ নিচ্ছে। বাংলাদেশের প্রেক্ষাপটে গ্রীষ্মকালে বজ্রপাতের ঘটনা খুবই স্বাভাবিক ; তবে গ্রীষ্মে বজ্রপাতের এ হার অতীতের বছরগুলোর তুলনায় অনেক বেশি। শরৎকালে বজ্রপাতের ঘটনা খুবই বিরল। এ সময়ে আকাশে মেঘ আড়াআড়ি থাকে। এ ধরনের মেঘ সৃষ্ট বজ্রপাত সাধারণত ভূপৃষ্ঠে এসে পৌঁছায় না। এ সময়ের বজ্রপাতের কারণে জীবন ক্ষয়ের আশঙ্কা খুবই কম থাকে। জলবায়ুর বিরূপ প্রভাবের কারণে এসবের ব্যতিক্রম ঘটছে। গত **১৯ থেকে ২১ সেপ্টেম্বর ২০১৬** এ সময়ের মধ্যে দেশের বিভিন্ন স্থানে বজ্রপাতের কারণে প্রাণহানি ঘটছে ২৪ জনের।

বায়ুমণ্ডলে গ্রিন হাউস গ্যাস CO_2 এর পরিমাণ অস্বাভাবিক হারে বেড়ে যাওয়ার কারণে তাপমাত্রা বাড়ছে। সাধারণত গ্রীষ্মকালে এপ্রিল-মে মাসে তাপমাত্রা বেশি থাকে। এ সময়ে কালবৈশাখী মেঘের সৃষ্টি হয়। মেঘ সৃষ্টির সময় বায়ুমণ্ডলের ঋণাত্মক তড়িৎ আধান অধিক পরিমাণে বেড়ে যায়। বায়ুমণ্ডরের দুটি ঋণাত্মক তড়িৎ প্রবাহ যখন এক সাথে মিশে সংঘর্ষের সৃষ্টি হয় তখনই বজ্রপাতের ঘটনা ঘটে (চিত্র ১.১০.৩)। আকাশের নিচের দিকে বজ্রপাতের ঘটনা বেশি হয়। এখান থেকে সৃষ্টি হওয়ায় বজ্রপাত সরাসরি ভূপৃষ্ঠে এসে আঘাত হানে। জলবায়ুর পরিবর্তনের কারণেই এ ধরনের বজ্রপাতের সৃষ্টি হয়। বজ্রপাতের সময় যে তাপের সৃষ্টি হয় তার পরিমাণ 27760 °F বা 15404.45 °C। এ কারণে বজ্রপাতের ১৫ – ২০ ফুটের মধ্যে যে কোন প্রাণি থাকলে তার মৃত্যু অনিবার্য।

সম্প্রতি দেশে বজ্রপাতের ভয়াবহতা বিবেচনা করে এটি জাতীয় দুর্যোগ হিসেবে গ্রহণ করেছে সরকার। বাংলাদেশের দুর্যোগ ব্যবস্থাপনা অধিদফতরের হিসেব মতে সাম্প্রতিক বছরগুলোতে দেশে প্রতি বছর ২০০ জনের বেশি মৃত্যুর ঘটনা ঘটছে বজ্রপাতের কারণে। এ হার বিশ্বে দ্বিতীয়। আন্তর্জাতিক বিভিন্ন গবেষকের গবেষণার ফলাফল থেকে দেখা যায় প্রতি 1°C তাপমাত্রার বৃদ্ধির কারণে বজ্রপাতের সম্ভাবনা 10% বেড়ে যায়। পৃথিবীর যে কয়েকটি অঞ্চল বজ্রপাতে প্রবণ তার মধ্যে দক্ষিণ এশিয়া অন্যতম। গ্রিন হাউস গ্যাস CO_2 নিঃসরণের হার কমাতে না পাড়লে আগামী দিনগুলোর চিত্র আরা ভয়াবহ হবে এতে কোনো সন্দেহ নেই।



চিত্র ১.১০.৩ : বজ্রপাত

পৃথিবীর গড় তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে CO_2 এর ভূমিকা 49%। 1800 – 1900 সালের মধ্যে তাপমাত্রা বেড়েছে 0.4 °C, 1900 – 2000 সালের মধ্যে 1 °C। এ শতকে এ হারে আরো অনেক বেশি হবে তার প্রমাণ গত কয়েক বছরের মধ্যে দেখা গেছে। বজ্রপাতের বিষয়টি দেশে এতদিন গুরুত্ব দেয়া হয়নি, কিন্তু বজ্রপাতের ভয়াবহতা ও প্রভাবে মৃত্যুর হার যেভাবে বাড়ছে তাতে করে বিষয়টি উপেক্ষা করার সুযোগ নেই।

৪. **স্বাস্থ্যের উপর প্রভাব :** গ্রিন হাউজ প্রভাবের ফলে তাপমাত্রা এমনভাবে বৃদ্ধি পাবে যে, রাত ও দিনের তাপমাত্রার মধ্যে তেমন কোনো পার্থক্য থাকবে না। ফলে মানুষের স্বাস্থ্যের উপর এর ক্ষতিকর প্রভাব পড়বে। বিভিন্ন জটিল রোগ যেমন ম্যালেরিয়া, ডেঙ্গু, হাঁপানি, অ্যালার্জি, বিভিন্ন চর্ম রোগের প্রাদুর্ভাব ঘটবে।

৫. **জীববৈচিত্র্য :** গ্রিন হাউজ প্রভাবের ফলে তাপমাত্রার মারাত্মক পরিবর্তন ঘটবে। অনেক উদ্ভিদ ও প্রাণী পৃথিবী থেকে বিলুপ্ত ঘটবে। ফলে পৃথিবীর জীববৈচিত্র্যের ভারসাম্য বিনষ্ট হয়ে পড়বে।

৬. **বনাঞ্চলের উপর প্রভাব :** গ্রিন হাউজ প্রভাবের ফলে স্বাভাবিক প্রাকৃতিক বনাঞ্চল ধ্বংসপ্রাপ্ত হয়ে সেখানে উৎপত্তি হবে কিছু কিছু নতুন ধরনের উদ্ভিদের। ফলে পৃথিবীর স্বাভাবিক জীববৈচিত্র্য ধ্বংস হয়ে যাবে।

১৯৫০ সালের পর থেকে বৈশ্বিক উষ্ণায়নের ফলে পৃথিবীর জলবায়ু যেভাবে বদলে গেছে, সে জন্য মানুষই দায়ী বলে নিশ্চিত হয়েছেন বিজ্ঞানীরা। গত ৫০ বছরে মানুষের কর্মকাণ্ডের ফলে সবুজ এ গ্রহটি কিভাবে ক্রমশ প্রাণীর বসবাসের অনুপযুক্ত হয়ে উঠছে তার বিস্তারিত উঠে এসেছে জাতিসংঘ সমর্থিত আন্তঃসরকার সংস্থা Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC) এর প্রতিবেদনে। সুইডেনের রাজধানী স্টকহোমে 195 টি দেশের বিজ্ঞানীদের সপ্তাহব্যাপী সম্মেলনের পর **27-09-2013, শুক্রবার** এ প্রতিবেদনের সারসংক্ষেপ প্রকাশ করা হয়েছে। মনুষ্যসৃষ্ট কারণেই যে বিশ্বের জলবায়ু উষ্ণ হয়ে উঠছে, সে বিষয়ে শতকরা ৯৫ ভাগ নিশ্চিত হয়েছেন বিজ্ঞানীরা। ভূপৃষ্ঠ, সাগর কিংবা বায়ুমণ্ডল সবক্ষেত্রেই এর নমুনা স্পষ্ট। প্যানেল বলছে, গত ১৫ বছরে গ্রিন হাউজ গ্যাস নিঃসরণ যে মাত্রায় কমানো গেছে, উষ্ণতা বৃদ্ধির নিরাপদ মাত্রায় ঠেকানোর জন্য তা একেবারেই অপ্রতুল। উষ্ণায়নের মাত্রা কমাতে হলে কার্বন গ্যাসের নিঃসরণ উল্লেখযোগ্য মাত্রায় কমিয়ে আনতে হবে।

তাপমাত্রার বৃদ্ধির ফলে বিভিন্ন নদ-নদীর, পুকুর-ডোবা ও হাওরের পানি শুকিয়ে যাবে। ফলে জলজ প্রাণিকুল প্রজননের অভাবে পৃথিবী থেকে চিরদিনের জন্য বিলুপ্ত হবে। ক্রমাগত তাপমাত্রার বৃদ্ধির প্রভাবে গ্লোবাল ওয়ার্মিং প্রক্রিয়া শুরু হয়ে যাবে বা গিয়েছে। 1800 – 1900 সালের মধ্যে পৃথিবীর গড় তাপমাত্রা বেড়েছে প্রায় 0.4 °C। 1900 – 2000 সালের মধ্যে পৃথিবীর গড় তাপমাত্রা বেড়েছে প্রায় 1°C। এ একশত বছরে ওজোনস্তরের ক্ষয় হয়েছে শতকরা 3 ভাগ। কাজেই প্রাকৃতিক পরিবেশ যে ক্রমাগত উত্তপ্ত হয়ে উঠছে সে বিষয়ে কোনো সন্দেহ নেই। সারা বিশ্বজুড়ে ক্রমাগত তাপমাত্রা বৃদ্ধির এ ঘটনাকে গ্লোবাল ওয়ার্মিং বা বৈশ্বিক উষ্ণায়ন বলা হয়ে থাকে।

গ্লোবাল ওয়ার্মিং এর ফলে 2250 সাল নাগাত পৃথিবীর তাপমাত্রা এত বেড়ে যাবে যে, সুমেরু এবং কুমেরু প্রদেশের বরফ প্রচুর পরিমাণে গলে যাবে। তখন পরিস্থিতি দাঁড়াবে আজ থেকে প্রায় 1,30,000 বছর আগেরকার মতো, যখন মেরু অঞ্চলের বরফগলা পানির প্রভাবে সমুদ্রের উপরিতল ছিল আজকের অবস্থা হতে 6 মিটার বেশি উচ্চতায়। তবে এ শতাব্দীর শেষ নাগাত মানুষ এক ভয়ংকর প্রাকৃতিক বিপর্যয়ের মুখোমুখি হবে।

বায়ুমণ্ডলে উপস্থিত CO_2, CFC, CH_4, N_2O, O_3 ও জলীয় বাষ্প ইত্যাদি ক্ষতিকারক গ্রিন হাউস গ্যাস। বায়ুতে CO_2 এর পরিমাণ অন্যান্য গ্রিন হাউস গ্যাসগুলোর তুলনায় অনেক বেশি বলে এর ক্ষতির প্রভাবও বেশি। তবে CO_2 এর সাপেক্ষে অন্যান্য গ্যাসগুলো সমপরিমাণ থাকলে তাদের ক্ষতিকারক ক্ষমতা নিচে সারণির মাধ্যমে দেখানো হলো–

গ্রিন হাউস গ্যাস	প্রতি অণু CO_2 এর সাপেক্ষে প্রতি অণুর উষ্ণকরণ ক্ষমতা
কার্বন ডাইঅক্সাইড, (CO_2)	প্রমাণ
জলীয় বাষ্প, (H_2O)	0.2 গুণ
CFC	10,000 গুণ বা কোনো কোনো ক্ষেত্রে এর বেশি
নাইট্রাস অক্সাইড (N_2O)	275 গুণ
মিথেন, (CH_4)	23 – 25 গুণ
ওজোন, (O_3)	10 গুণ

এ গ্যাসগুলোর ঘনত্ব বেড়ে গেলে ওদের তাপধারণ ক্ষমতা বেড়ে যায়। নিচের সারণিতে বিভিন্ন গ্রিন হাউস গ্যাস ও পৃথিবীর গড় তাপমাত্রা বৃদ্ধির ভূমিকা শতকরা হিসেবে দেখানো হলো–

গ্রিন হাউস গ্যাস	পৃথিবীর গড় তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে ভূমিকা (%)
CO_2	49%
CFC	14%
CH_4	12%
N_2O	6%
জলীয় বাষ্প ও অন্যান্য গ্যাস	13%

তথ্যসূত্র : Yale School of Chemistry, www.yeal.edu (USA)

পৃথিবীর উপরিভাগ সংলগ্ন বায়ুমণ্ডলকে নিয়ে সামগ্রিক অঞ্চলকে পৃথিবীর গ্রিন হাউস বলে। এ গ্রিন হাউস গ্যাসের CO_2 এ C = O বন্ধন, জলীয় বাষ্পের O – H বন্ধন, N_2O এর N → O বন্ধন, CFC এর C – Cl ও C – F বন্ধন অবলোহিত রশ্মি শোষণ করতে সক্ষম। ফলে ভূপৃষ্ঠের বিকিরিত শক্তি সবই বের হতে পারে না। পৃথিবীপৃষ্ঠের আপতিত সূর্যরশ্মির 34% ভূপৃষ্ঠ থেকে প্রতিফলিত হয়ে মহাশূন্যে ফিরে যায়। বায়ুমণ্ডল স্থলভাগ ও সমুদ্র কর্তৃক 42% শোষিত হয়। পানিকে বাষ্পীভূত করতে এবং জলীয় বাষ্পকে পানি চক্রে প্রবাহমান রেখে কার্যকর করতে 23% ব্যয়িত হয়। বায়ুপ্রবাহ অব্যাহত রাখতে ও সমুদ্রের পানির প্রবাহ অব্যাহত রাখতে ব্যয় হয় 1% এর কিছু কম। আর সালোকসংশ্লেষণে ব্যয় হয় 0.023%।

উৎস : Yale School of Chemistry, www.yeal.edu (USA)

১.১১ CFC ব্যবহার ও ওজোনস্তর ক্ষয় (Uses of CFC and Depletion of Ozone Layer)

● CFC এর ব্যবহার (Uses of CFC) ●

একবিংশ শতাব্দিতে বিজ্ঞানের অগ্রযাত্রায় মানুষ তার ব্যবহারিক জীবনের আরাম আয়েশের ক্ষেত্রে অত্যন্ত সচেতন। আধুনিক মানব জীবনের অনেক কিছুই যন্ত্র ও রাসায়নিক দ্রব্যের ব্যবহার নির্ভর। পৃথিবীর উষ্ণায়ন যতো বৃদ্ধি পাচ্ছে প্রাত্যহিক ব্যবহারে এসি, ফ্রিজ এর ব্যবহারও ততো বৃদ্ধি পাচ্ছে। এসব শীতলীকরণ যন্ত্রে ব্যবহৃত হয় CFC। মশা, মাছি, কীটপতঙ্গকে ধ্বংস করার জন্য ব্যবহৃত হচ্ছে এ্যারোসল। এর অন্যতম রাসায়নিক উপাদানের একটি CFC। বিভিন্ন ধরনের বডি স্প্রে, পারফিউম ইত্যাদির ব্যবহার দিন দিন বৃদ্ধি পাচ্ছে, এর মধ্যেও থাকে CFC। অর্থাৎ, মানুষের এরূপ নিত্য ব্যবহৃত উপকরণে CFC ব্যবহৃত হয়ে থাকে। এ্যারোপ্লেন ও জেট বিমানের জ্বালানিতেও CFC কে ব্যবহার করা হয়ে থাকে। এক্ষেত্রে CFC উপাদানকে সূক্ষ্মকণায় পরিণত করে বায়ুর চারিদিকে ছড়িয়ে দেয়।

CFC গ্যাসের বিকল্প : ওজোন স্তরকে ধ্বংসকারী মনুষ্য উৎপাদিত গ্যাসের নাম CFC. দু'ধরনের CFC সবচেয়ে বেশি ব্যবহৃত হয়। এগুলো হলো CFC – 11 ($CFCl_3$) ও CFC – 12 (CF_2Cl_2)। এছাড়াও ফ্রেয়ন – 114 ($CClF_2 – CClF_2$), CFC – 113 ($CHCl_2 – CF_3$), HCFC – 141 ($CH_3 – CCl_2F$) ওজোন স্তরকে ক্ষয় করে থাকে। ওজোন স্তর ক্ষয়রোধে CFC এর বিকল্প হিসেবে হাইড্রোহ্যালো অ্যালকেন জাতীয় যৌগ ব্যবহারের প্রস্তাব করা হচ্ছে। এদের মধ্যে হাইড্রোক্লোরো ফ্লোরোকার্বনস অথবা হাইড্রোফ্লোরো কার্বনস অন্যতম। এ ধরনের যৌগগুলোর মধ্যে HCFC – 22 ($CHClF_2$), HCFC – 142($CH_3 – CClF_2$), HCFC – 124 = ($ClCHF – CF_3$) এবং HCFC – 142 = ($ClCH_2 – CHF_2$) বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য।

উল্লিখিত সকল যৌগে কমপক্ষে একটি করে H – C বন্ধন আছে যা ট্রপোস্ফিয়ারে OH মূলকের প্রতি খুবই সংবেদনশীল হওয়ার কারণে স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারে গিয়ে ওজোন ধ্বংস করার মতো Cl পরমাণু উৎপাদন করতে পারে না। তবে CFC এর বিকল্প HCFC এর উৎপাদন খরচ বেশি। কিন্তু CFC গ্যাসের জীবনকাল যেখানে প্রায় 100 বছর সেখানে HCFC এর জীবনকাল মাত্র 2 – 10 বছর। এ কারণেই CFC এর বিকল্প হিসেবে HCFC ব্যবহার করা হলে পরিবেশ যথেষ্ট সুরক্ষিত হবে।

● ওজোনস্তর ক্ষয় (Depletion of Ozone Layer) ●

আমাদের চারপাশে যা কিছু আছে সবকিছু নিয়েই আমাদের পরিবেশ। ভূ-অভ্যন্তরভাগ হতে ওজোন স্তর পর্যন্ত বিস্তীর্ণ অঞ্চল নিয়েই আমাদের পরিবেশ। মানুষ যেমন সমগ্র পরিবেশকে প্রভাবিত করে ঠিক পরিবেশও মানুষকে প্রভাবিত করে। শুধু বেঁচে থাকার জন্যই নয়, জীবনকে আরও গতিশীল এবং জীবনমানের উন্নয়নের প্রয়োজনীয় সকল উপকরণই পরিবেশ হতে আমরা পেয়ে থাকি। সময়ের সাথে সাথে জীবনকে আরও বেশি ভোগের এবং আরামদায়ক করার জন্য আমরা সবাই সবার সাথে প্রতিযোগিতায় লিপ্ত। ফলে প্রকৃতির বন-জঙ্গল, পাহাড়-পর্বত, নদীনালা, ভূপ্রকৃতির সবকিছুর সবুজ রসায়ন পরিবর্তিত হচ্ছে খুব দ্রুত। ফলে পরিবেশের ক্ষতির মাত্রা বৃদ্ধি হচ্ছে খুব দ্রুত। মনুষ্য সৃষ্ট পরিবেশ বিপর্যয় আমাদের সবুজ পৃথিবীকে বিপন্ন করে ফেলতে পারে। এ বিষয়ে পৃথিবীর মানব সমাজকে আরও সচেতন হতে হবে। রসায়নের গবেষণা ক্ষেত্রের মধ্যে দূষণের ধরন, সূক্ষ্মভাবে দূষকের পরিমাণ নির্ণয়, দূষকের প্রভাব এবং রাসায়নিক বা ভৌত পদ্ধতিতে কিভাবে তা কমানো বা দূর করা যায় সে বিষয়টি মুখ্য।

আমাদের জানা প্রায় ৩০ প্রকার গ্রিন হাউস গ্যাস বায়ুমণ্ডলে বিদ্যমান। তন্মধ্যে CO_2, SO_2, NO_2, CH_4, ওজোন (O_3) ইত্যাদি উল্লেখযোগ্য। তাছাড়া মানুষ সৃষ্ট গ্রীন হাউস গ্যাসের মধ্যে ক্লোরোফ্লোরো কার্বন (CFC) উল্লেখযোগ্য। CFC এর ট্রেড নাম ফ্রিয়ন (Freon)।

ফ্রিয়ন–11 : ট্রাইক্লোরোফ্লোরো মিথেন ($CFCl_3$), ফ্রিয়ন–12 : ডাইক্লোরো-ডাইফ্লোরো মিথেন (CF_2Cl_2),

ফ্রিয়ন–114 : 1, 2 – ডাইক্লোরো – 1, 1, 2, 2–টেট্রাফ্লোরো ইথেন ($CClF_2 – CClF_2$)।

বায়ুমণ্ডলের স্ট্র্যাটোস্ফিয়ার স্তরে রয়েছে ওজোন (O_3) যা সূর্য থেকে প্রাপ্ত অতিবেগুনি রশ্মিকে শোষণ করে আমাদেরকে ক্ষতিকর প্রভাব (ক্যান্সার সৃষ্টিতে সহায়ক) থেকে রক্ষা করে। প্রথমে UV রশ্মির প্রভাবে ফ্রেয়ন বিয়োজিত হয়ে মুক্ত ক্লোরিন

($Cl^{\bullet}$) উৎপন্ন করে। এটিই O_3 এর সাথে বিক্রিয়া করে $^{\bullet}OCl$ মুক্ত রেডিক্যাল সৃষ্টি করে থাকে। CFC ওজোন স্তরকে ভেঙে ফ্রি-র‍্যাডিকেল তৈরি করে। অতিবেগুনি রশ্মির প্রভাবে CFC ফটোলাইসিস প্রক্রিয়ার মাধ্যমে ফ্রি-রেডিকেল বা সক্রিয় ক্লোরিন সৃষ্টি করে।

বিক্রিয়া : $CFCl_3 \xrightarrow{h\upsilon} {}^{\bullet}CFCl_2$ (মুক্ত মূলক) + $Cl^{\bullet}$ (সক্রিয়); $CF_2Cl_2 \xrightarrow{h\upsilon} {}^{\bullet}CF_2Cl + Cl^{\bullet}$ (সক্রিয়)

ক্লোরিন ফ্রি-র‍্যাডিকেল ওজোনের সাথে বিক্রিয়া করে ক্লোরিন অক্সাইড ফ্রি-র‍্যাডিকেল ($ClO^{\bullet}$) ও অক্সিজেন ফ্রি-র‍্যাডিকেল সৃষ্টি করে। উৎপন্ন $ClO^{\bullet}$ পুনরায় ওজোনের সাথে বিক্রিয়া করে O_2 অণু ও সক্রিয় ক্লোরিন ($Cl^{\bullet}$) উৎপন্ন করে। উৎপন্ন $Cl^{\bullet}$ পুনরায় O_3 এর সাথে বিক্রিয়া করে O_2 অণু সৃষ্টি করে থাকে।

$Cl^{\bullet} + O_3 \rightarrow ClO^{\bullet} + O_2$ $\qquad$ $O_2 \xrightarrow{h\upsilon} 2O^{\bullet}$

$ClO^{\bullet} + O^{\bullet} \rightarrow Cl^{\bullet} + O_2$ $\qquad$ $ClO^{\bullet} + O_3 \rightarrow {}^{\bullet}ClO_2 + O_2$

এসব বিক্রিয়া শিকলের ন্যায় চলতে থাকে। একটি ক্লোরিন ফ্রি-র‍্যাডিকেল লক্ষাধিক ওজন অণু বিনষ্ট করে। ফলে সূর্য থেকে উৎপন্ন অতিবেগুনি রশ্মি বিনা বাধায় পৃথিবীতে পৌছায় এবং ক্যান্সার সৃষ্টিসহ বিভিন্ন ক্ষতিসাধন করে।

গ্রিন হাউজ গ্যাসের প্রভাবে ওজোন স্তরের ক্ষয় বিশ্বের সমস্ত বিজ্ঞানীদের চিন্তার বিষয়। 1993 সালে কানাডার মন্ট্রিলে আয়োজিত বিজ্ঞানীদের সম্মেলনে প্রধান গ্রিন হাউজ গ্যাস CFC এর ব্যবহার নিষিদ্ধ করার সিদ্ধান্ত নেওয়া হয়। একে মন্ট্রিল প্রোটোকল বলা হয়। বাংলাদেশ এ প্রোটকলে স্বাক্ষর করে।

মনে রাখা প্রয়োজন : CFC অদাহ্য ও পানিতে অদ্রবণীয় হওয়ার কারণে বৃষ্টিপাতের ফলেও এর কোনো পরিবর্তন ঘটে না। তাই বায়ু দূষক ও প্রকৃতি বিধ্বংসী হিসেবে এটির কোনই তুলনা হয় না। CFC গ্যাসসমূহের স্থায়িত্বকালও অনেক বেশি। 1993 সালে মন্ট্রিল প্রোটোকল স্বাক্ষরিত হওয়ার ঠিক পূর্ববর্তী বৎসরে অর্থাৎ 1992 সালে পৃথিবীতে CFC এর উৎপাদনের পরিমাণ ছিল 0.5 মিলিয়ন মেট্রিক টন এরও কিছুটা বেশি। 2014 সালে এ উৎপাদন 3.825 মিলিয়ন মেট্রিক টন। তাহলে CFC এর উৎপাদন ও ব্যবহারের নিষেধাজ্ঞার ভাগ্যের ফলাফল কী বা ভবিষ্যতই বা কী?

অনুসন্ধানমূলক প্রতিবেদন - ১.২৫ :
ওজোন স্তরের ক্ষয় এবং গ্রিন হাউজ প্রভাবের ফলে তোমার এলাকায় যে প্রাকৃতিক বিপর্যয় ঘটছে তার উপর একটি প্রতিবেদন তৈরি করে শ্রেণিশিক্ষকের নিকট জমা দাও।

১.১২ এসিড বৃষ্টির কারণ ও প্রতিকার (Causes of Acid Rain & its Prevention)

● এসিড বৃষ্টির কারণ (Causes of Acid Rain) ●

সাধারণভাবে বৃষ্টির পানি কিছুটা এসিডিয়। কারণ বায়ুমণ্ডলের CO_2 এর কিছু পরিমাণ বৃষ্টির পানিতে দ্রবীভূত হয়ে কার্বনিক এসিড (H_2CO_3) উৎপন্ন করে। কিছু কিছু বৃষ্টির পানিতে H_2SO_4, HNO_3, HCl প্রভৃতি এসিড মিশ্রিত অবস্থায় থাকে। এক্ষেত্রে পানির pH মান 3.5 থেকে 5.5 হয়ে থাকে। এরূপ বৃষ্টির পানিকে এসিড বৃষ্টি বলা হয়ে থাকে। বৃষ্টির পানিতে উল্লিখিত এসিডগুলোর পরিমাণ নির্ভর করে সেখানকার বায়ুতে উপস্থিত $SO_2(g)$, $NO_2(g)$, $HCl(g)$ এর পরিমাণের উপর। এসিড বৃষ্টিতে সব থেকে বেশি ভূমিকা রাখে H_2SO_4 (60 – 65%), তারপর HNO_3 (30 – 35%), সবচেয়ে কম ভূমিকা রাখে HCl। এসিড বৃষ্টির কারণ হিসেবে প্রাকৃত ও মানুষ উভয়ই দায়ী।

১. **প্রাকৃতিক কারণ :** বিভিন্ন প্রাকৃতিক কারণে অম্লধর্মী দ্রবণীয় অক্সাইডসমূহ বায়ুমণ্ডলে মিশে থাকে। এর মধ্যে অন্যতম হলো আগ্নেয়গিরি থেকে নির্গত SO_2 গ্যাস বায়ুতে মিশে যায় এবং বৃষ্টির পানির সাথে যুক্ত হয়ে H_2SO_3 ও H_2SO_4 উৎপন্ন করে।

$2SO_2 + O_2 \xrightarrow{h\upsilon} 2SO_3$ (300 – 400 nm তরঙ্গদৈর্ঘ্য বিশিষ্ট আলোক রশ্মির প্রভাবে বিক্রিয়া)

$SO_2 + O_3 \rightarrow SO_3 + O_2$, $\qquad$ $SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$,

$SO_2 + {}^1/_2\, O_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$ (বায়ুর ধূলিকণা প্রভাবক হিসেবে কাজ করে)

$SO_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_3$; $\qquad$ $H_2SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4 + H_2$

বজ্রপাতের সময় উচ্চ তাপমাত্রায় বায়ুমণ্ডলের কিছু পরিমাণ N_2 গ্যাস O_2 গ্যাসের সাথে যুক্ত হয়ে প্রথমে NO ও পরে নিম্ন তাপমাত্রায় NO_2 উৎপন্ন করে থাকে। উৎপন্ন NO_2 গ্যাস বায়ুতে মিশে গিয়ে বৃষ্টির পানির সাথে বিক্রিয়া করে HNO_3 উৎপন্ন করে।

$$N_2 + O_2 \xrightarrow[3000°C]{\text{বিদ্যুৎস্ফরণ}} 2NO; \qquad 2NO + O_2 \longrightarrow 2NO_2; \qquad 4NO_2 + 2H_2O + O_2 \longrightarrow 4HNO_3$$

$$NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2, \quad NO_2 + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2, \quad NO_2 + NO_3 \rightarrow N_2O_5, \quad N_2O_5 + H_2O \rightarrow 2HNO_3$$

২. **মানুষ সৃষ্ট কারণ :** এসিড বৃষ্টির মূল কারণ প্রাকৃতিক পরিবর্তন নয়, এর মূল কারণ মনুষ্য সৃষ্ট দূষণ ক্রিয়া। মানুষ সৃষ্ট কারণগুলোর মধ্যে প্রধানত মোটরগাড়ি, ইটের ভাটা, তাপ বিদ্যুৎকেন্দ্র, তেল শোধনাগার, কলকারখানা, ধাতু নিষ্কাশন কেন্দ্র প্রভৃতি ক্ষেত্রে জ্বালানি তেল বা কয়লার দহনের ফলে প্রচুর পরিমাণ সালফার, নাইট্রোজেন ও কার্বনের অক্সাইডসমূহ বায়ুমণ্ডলে মিশে যায়। এ উৎপন্ন অক্সাইডগুলো পরবর্তীতে বায়ুর অক্সিজেন, ওজোন ও জলীয় বাষ্পের সাথে বিক্রিয়া করে স্ব স্ব মৌলের অক্সি এসিড উৎপন্ন করে। উৎপন্ন এসিড অণুগুলো সূক্ষ্ম সূক্ষ্ম কণা আকারে এরোসলরূপে বায়ুতে ভাসমান অবস্থায় থাকে। হাইড্রোক্লোরিক এসিড উৎপাদনকারী ও ব্যবহারকারী শিল্পকারখানা থেকেও যথেষ্ট পরিমাণে HCl(g) বায়ুতে মিশে যায়। উৎপন্ন এ এসিডগুলোর সবই শিশির, তুষার ও বৃষ্টিপাতের মাধ্যমে ভূ-পৃষ্ঠে নেমে আসে।

এসিড বৃষ্টির প্রভাবে জীববৈচিত্র্যের মারাত্মক ক্ষতি হয়। বিশেষ করে মিঠা পানির উৎস, মাটি, বনভূমি, দালানকোঠা, জলজপ্রাণি, বিভিন্ন স্মৃতিস্তম্ভ এমনকি তাজমহলের ন্যায় কীর্তিরও ক্ষতি হতে পারে।

এসিড বৃষ্টির ক্ষতিকারক প্রভাব (Harmful effects of acid rain) : এসিড বৃষ্টির প্রভাবে প্রাণিজগত ও উদ্ভিদজগত উভয়েরই মারাত্মক ক্ষতি হয়। এসিড বৃষ্টির প্রভাবে প্রধান প্রধান ক্ষতিকারক প্রভাবগুলো উল্লেখ করা হলো–

১. **মাটির ওপর প্রভাব :** স্বাভাবিকভাবেই এসিড বৃষ্টির প্রভাবে মাটির pH মান কমে যায়। অর্থাৎ অম্লত্ব গুণ বেড়ে যায়। মাটির অম্লত্ব গুণ বেড়ে গেলে মাটিতে বর্তমান বিভিন্ন অজৈব লবণগুলোর দ্রাব্যতা মানের পরিবর্তন ঘটে। মাটির pH মানের পরিবর্তনের সাথে সাথে মাটিতে আয়ন বিনিময়ে বাধার সৃষ্টি হয়। pH মান কমে গেলে মাটিতে বিভিন্ন জৈব উপাদানগুলোর পচন কমে যায়। মাটিতে বসবাসকারী বিভিন্ন প্রাণী, সূক্ষ্ম অণুজীবগুলো মারাত্মকভাবে ক্ষতিগ্রস্থ হয় এবং মরে যায়। মাটির pH মান কমার সাথে সাথে মাটি থেকে উদ্ভিদের খাদ্য গ্রহণের প্রবণতা কমে যায়।

এসিড বৃষ্টির কারণে মাটির pH মান মারাত্মকভাবে কমে যায়। মাটিতে আর শস্য উৎপন্ন হতে পারে না। মাটি তার স্বাভাবিক উর্বরতা শক্তি হারিয়ে ফেলে। মাটিতে উপস্থিত অণুজীবগুলো সম্পূর্ণভাবে ধ্বংসপ্রাপ্ত হয়। মাটির জৈবিক ক্রিয়া বিনষ্ট হয়। মাটি সম্পূর্ণভাবে চাষাবাদের অনুপযুক্ত হয়ে যায়।

২. **জলজ প্রাণীর ওপর প্রভাব :** পানির নির্দিষ্ট pH মানের ওপর ভিত্তি করে পানিতে মাছ, জলজ জীবাণু ও অন্যান্য জলজ প্রাণী বেঁচে থাকে ও বংশবিস্তার করে। এসিড বৃষ্টির কারণে পানির pH মান কমে গিয়ে এসব জলজ প্রাণীকুলের জীবন বিপন্ন করে তুলে, এমনকি এরা মরে যায় (চিত্র ১.১২.১)। এসিড বৃষ্টির কারণে জলাশয়ের নিকটবর্তী মাটিতে উপস্থিত বিষাক্ত লবণগুলো দ্রবীভূত হয়ে জলাশয়ে এসে পড়ে। এ প্রভাব আরো মারাত্মক। পানির pH মানের পরিবর্তন ঘটলে জলজ প্রাণীরা বংশবিস্তার করতে পারে না। চট্টগ্রামের হালদা নদীর পানির pH মান নিয়ন্ত্রিত থাকে বলে এটি প্রাকৃতিক মৎস প্রজনন উৎস।



চিত্র ১.১২.১ : জলজ প্রাণীর ওপর প্রভাব

এসিড বৃষ্টির ফলে বিভিন্ন জলাশয়ের pH মান 3 এর নিচে নেমে আসে। কোনো কোনো ক্ষেত্রে এ মান 2.5 হয়। সাধারণভাবে পানির pH মান 4 এর কম হলে ঐ জলাশয়ের আর কোনো সজীব প্রাণের

অস্তিত্ব থাকে না। মাছতো দূরের কথা সাপ, ব্যাঙ, শামুক পর্যন্ত বাঁচতে পারে না। ইউরোপ ও আমেরিকায় এসিড বৃষ্টিকে হ্রদ হত্যাকারক বলা হয়। দক্ষিণ নরওয়ের 33000 km^2 হ্রদ অঞ্চলের মধ্যে 13000 km^2 হ্রদ অঞ্চলে কোনো মাছ পাওয়া যায় না। স্থল ভাগে উদ্ভিদের দেহের মারাত্মক ক্ষতি হয়। ছোট ছোট উদ্ভিদগুলো মরে যায়।



চিত্র ১.১২.২ : বনাঞ্চলের ওপর প্রভাব

৩. **বনাঞ্চলের ওপর প্রভাব :** এসিড বৃষ্টির কারণে বিস্তৃত বনাঞ্চলের ক্ষতি হয়। এসিড বৃষ্টি সরাসরি গাছের পাতার ওপর পড়লে পাতার সবুজ কোষ নষ্ট হয় এবং সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়া বন্ধ হয়ে যায়। এসিড বৃষ্টির কারণে মাটির অম্লত্ব বেড়ে গিয়ে এবং অণুজীবগুলো ধ্বংস হয়ে উদ্ভিদজগতকে বিপন্ন করে তোলে। মাটি থেকে উদ্ভিদ খাদ্য গ্রহণে বাধার সম্মুখীন হয়। উদ্ভিদের রোগ-প্রতিরোধ ক্ষমতা কমে যায়।

এসিড বৃষ্টির কারণে উদ্ভিদের দেহের মারাত্মক ক্ষতি হওয়ায় উদ্ভিদ মরে যায়। বনাঞ্চল ধ্বংসপ্রাপ্ত হয় (চিত্র ১.১২.২)। পশ্চিম জার্মানির প্রায় 8% বনাঞ্চল ইতিমধ্যে ধ্বংস হয়েছে এসিড বৃষ্টির প্রভাবে। ইউরোপ ও আমেরিকার পাহাড় অঞ্চলের লাল বর্ণের পাইন গাছ এক চতুর্থাংশ কমে গিয়েছে এসিড বৃষ্টির কারণে।



চিত্র ১.১২.৩ : ভাস্কর্যের ওপর প্রভাব

৪. **অন্যান্য প্রভাব :** এসিড বৃষ্টির কারণে ধাতুনির্মিত পাইপগুলো, মারবেল পাথর দিয়ে তৈরি স্থাপত্য, ভাস্কর্য এসবের ক্ষতি হয় (চিত্র ১.১২.৩)। এসিড বৃষ্টির কারণে মারবেল পাথরের উপর যে ক্ষতের সৃষ্টি হয় তাকে স্টোন ক্যানসার বলে।

৫. **মানুষের স্বাস্থ্যের ওপর প্রভাব :** শরীরের ত্বকের ওপর এসিড বৃষ্টি পড়লে ত্বকের কোষের মারাত্মক ক্ষতি হয়। বৃষ্টির পানিতে এসিডের পরিমাণ বেশি হলে ত্বকের ওপর ক্ষতের সৃষ্টি হতে পারে।

৬. **পশুর দেহের ওপর প্রভাব :** পশুর দেহের ওপর এসিড বৃষ্টি পড়লে ত্বকের ক্ষতি হয়। পশুর পানিয় জলের পানের ক্ষেত্রে সমস্যার সৃষ্টি হয়। বিভিন্ন রোগব্যাধি সৃষ্টি হয়।

এসব ছাড়াও বিভিন্ন স্থাপত্য নিদর্শনগুলো ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। পাথরের ওপর স্টোন ক্যানসারের সৃষ্টি হয়। অ্যালুমিনিয়াম ও কপার ধাতু নির্মিত পানির পাইপ লাইনের ক্ষয় হয়। মাটিতে বিভিন্ন খনিজ লবণের পরিবর্তন ঘটে। খনিজ লবণের দ্রাব্যতার পরিবর্তন ঘটে। বিভিন্ন পেইন্ট বা রং এর বর্ণের মারাত্মক ক্ষতি হয়। রাস্তায় চলাচলকারী যানবাহনের উপরিভাগে সুদৃশ্য বর্ণের ক্ষতি হয় এবং আয়ুষ্কাল কমে যায়।

● এসিড বৃষ্টির প্রতিকার (Prevention of Acid Rain) ●

প্রাকৃতিকভাবে সৃষ্ট এসিড বৃষ্টির প্রতিকারের কোনো উপায় নেই বললেই চলে। মানুষ সৃষ্ট কারণগুলো যথাসম্ভব নিয়ন্ত্রণে আনা সম্ভব। সবার আগে আমাদের মনে রাখতে হবে বায়ুমণ্ডলে SO_2 ও NO_2 এর পরিমাণ কিভাবে কমিয়ে আনা যায় এবং এসব গ্যাসের উৎপাদনের ক্ষেত্রসমূহকে কিভাবে যথাসম্ভব নিয়ন্ত্রণ করা যায়। এ উদ্দেশ্যে আমরা বেশ কিছু পদক্ষেপ নিতে পারি। যেমন,

১. জীবাশ্ম জ্বালানির ব্যবহার যথাসম্ভব কমাতে হবে। খুব অল্প সালফারযুক্ত জ্বালানি ব্যবহার করতে হবে।

২. ইটের ভাটাতে সনাতন পদ্ধতি পরিত্যাগ করে আধুনিক ঝিকঝাক পদ্ধতি অনুসরণ করতে হবে। চুল্লির নির্গত ধোঁয়াকে পরিশোধনের ব্যবস্থা নিতে হবে।

৩. উন্নততর ইঞ্জিনবিশিষ্ট মোটরগাড়ির ইঞ্জিন ব্যবহার করতে হবে।

৪. তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্র, কলকারখানা ও ধাতু নিষ্কাশন চুল্লি থেকে নির্গত গ্যাস বায়ুমণ্ডলে মিশে যাওয়ার পূর্বে উৎপন্ন গ্যাসে উপস্থিত ক্ষতিকর গ্যাসসমূহ SO_2, NO_2, CO_2 কে অপসারণের মতো প্রযুক্তির উদ্ভাবন ও তার যথাযথ ব্যবহার নিশ্চিত করতে হবে।

৫. বিদ্যুৎ উৎপাদনের ক্ষেত্রে নিউক্লিয়ার শক্তির ব্যবহার।

৬. নবায়নযোগ্য জ্বালানির ব্যবহার।

৭. জ্বালানি হিসেবে প্রাকৃতিক গ্যাস ও LNG এর ব্যবহার।

১.১৩ শিক্ষার্থীর কাজ : কোনো এলাকায় এসিড বৃষ্টির সম্ভাবনা বিশ্লেষণ

(Work for Student : Provability analysis of Acid rain in definite area)

শিক্ষার্থী বন্ধুরা, এখন তোমাদের কাজ হলো কোনো এলাকায় এসিড বৃষ্টির সম্ভাবনাকে বিশ্লেষণ করা। প্রথমেই তোমাদেরকে মনে রাখতে হবে যে, কোনো এলাকায় এসিড বৃষ্টির সম্ভাবনা নির্ভর করে ঐ এলাকার বায়ুমণ্ডলে স্বাভাবিক মাত্রা অপেক্ষা SO_x, NO_x, CO_2 ও $HCl(g)$ এর পরিমাণ কতগুণ বেশি। কোনো অঞ্চলের বায়ুমণ্ডলে উপরোক্ত উপাদানের মাত্রা অস্বাভাবিকভাবে বেড়ে গেলে ঐ স্থানে বা তার পার্শ্ববর্তী অঞ্চলে এসিড বৃষ্টির সম্ভাবনা বেড়ে যায়। SO_x এর প্রধান উৎস হলো জীবাশ্ম জ্বালানির দহন, সালফার যুক্ত আকরিক হতে ধাতু নিষ্কাশন, সালফার নিষ্কাশন প্রভৃতি। NO_x এর প্রধান উৎস তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্র, যানবাহনের অবশেষ, ধাতু নিষ্কাশন চুল্লি, তেল শোধনাগার প্লান্ট, নাইট্রিক এসিড প্লান্ট ইত্যাদি। CO_2 এর প্রধান উৎস দাবানল, মোটর ইঞ্জিনে পেট্রোলিয়ামজাতীয় উপাদানের দহন, অ্যারোপ্লেনে অতিরিক্ত গ্যাসোলিনের ব্যবহার। $HCl(g)$ উৎপন্ন হয় HCl এসিড উৎপাদন প্লান্ট হতে। যেসব শহরে অধিক হারে মোটরযান চলাচল করে সেসব শহরের বায়ুতে অধিক মাত্রায় এসিড বৃষ্টি সৃষ্টিকারী গ্যাসসমূহ বর্তমান থাকে। তাই ঐসব অঞ্চলে এসিড বৃষ্টির সম্ভাবনা কিন্তু বেড়েই যায়। এসব ছাড়াও বিভিন্ন প্রাকৃতিক কারণ যেমন আগ্নেয়গিরি হতে নির্গত ধোঁয়া, দাবানলের ফলে উৎপন্ন CO_2, NO_x, SO_x বায়ুতে মিশে এসিড বৃষ্টির সম্ভাবনাকে আরো বাড়িয়ে তোলে।

বিভিন্ন উৎস থেকে অধিক হারে উৎপন্ন হয়ে এসব এসিড বৃষ্টি সৃষ্টিকারী গ্যাস বায়ুতে মিশে গিয়ে বায়ু প্রবাহের মাধ্যমে বিস্তীর্ণ অঞ্চলে ছড়িয়ে পড়ে। এ সময় এসব উপাদান বায়ুর জলীয় বাষ্পের সংস্পর্শে এসে H_2SO_3, H_2SO_4, HNO_2, HNO_3, H_2CO_3, $HCl(aq)$ এসিডে পরিবর্তিত হয়।

$SO_2 + H_2O \longrightarrow H_2SO_3$; $\quad 2SO_2 + O_2 + 2H_2O \longrightarrow 2H_2SO_4$; $\quad SO_3 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4$

$NO_2 + H_2O \longrightarrow HNO_2 + HNO_3$; $\quad 4NO_2 + O_2 + 2H_2O \longrightarrow 4HNO_3$

$CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_3$; $\quad HCl(g) + H_2O \longrightarrow HCl(aq)$

সাধারণভাবে এসিড বৃষ্টি কয়েকশ বা কয়েক হাজার কিলোমিটারব্যাপী বিস্তৃত হতে পারে।

সেমিনার - ১.২৬ :

"জীববৈচিত্র্য ধ্বংসের জন্য প্রাকৃতিক কারণ নয় মনুষ্য সৃষ্টি কারণ দায়ী" এ বিষয়টির উপর কলেজের সকলের অংশগ্রহণে একটি সেমিনারের আয়োজন করতে হবে। কলেজের একজন সম্মানিত অধ্যাপক মূল প্রবন্ধ পাঠ করবেন।

১.১৪ আরহেনিয়াসের তত্ত্ব (Theory of Arrhenius)

এসিড ক্ষার সম্বন্ধে তোমাদের কিছুটা হলেও মোটামুটি ধারণা আছে। এসব ধারণার আলোকে এসিড ক্ষারকে পূর্ণভাবে ব্যাখ্যা করা যায় না। এসিড ক্ষার সম্পর্কে বেশ কয়েকটি আধুনিক মতবাদ প্রচলিত আছে। এর মধ্যে আরহেনিয়াসের আয়নিক মতবাদ (1887) অন্যতম। এ মতবাদ অনুসারে এসিড হলো সেসব যৌগ যাদের অণুতে হাইড্রোজেন উপস্থিত থাকবে এবং জলীয় দ্রবণে বিয়োজিত হয়ে হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) দান করে। যেমন HCl, HNO_3, H_2SO_4, H_2S, HCN, H_3PO_4, H–COOH, CH_3–COOH সকলেই এসিড।

$HCl(g) + aq \longrightarrow H^+(aq) + Cl^-(aq)$; $\quad$ H–COOH(s) + aq $\longrightarrow H^+(aq) + H–COO^-(aq)$

আর এর মতবাদ অনুসারে ক্ষার হলো সেসব যৌগ যেগুলো জলীয় দ্রবণে হাইড্রোক্সিল আয়ন (OH^-) দান করে। যেমন NaOH, KOH, NH_4OH সকলেই ক্ষার। $NaOH(s) + aq \longrightarrow Na^+(aq) + OH^-(aq)$

এ মতবাদ অনুসারে এসিড ও ক্ষারকের মধ্যে প্রশমন বিক্রিয়ায় লবণ ও পানি উৎপন্ন হয়। প্রকৃতপক্ষে এসিডের H^+ এবং ক্ষারের OH^- আয়নদ্বয়ের সংযোগে নিরপেক্ষ যৌগ পানির সৃষ্টি হয়। $H^+(aq) + OH^-(aq) \longrightarrow H_2O(l)$.

পূর্ণ বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে,

$HCl(aq) + NaOH(aq) \longrightarrow H^+(aq) + Cl^-(aq) + Na^+(aq) + OH^-(aq) \longrightarrow H_2O(l) + Na^+(aq) + Cl^-(aq)$

জলীয় দ্রবণে এসিড H^+ আয়ন এবং ক্ষারক OH^- মূলক দান করে।

$H_2S(g) + aq \rightleftharpoons H^+(aq) + HS^-(aq)$, $HCN(g) + aq \rightleftharpoons H^+(aq) + CN^-(aq)$

মনে রাখবে : আরহেনিয়াসের ধারণা অনুযায়ী জলীয় দ্রবণে এসিড অণুগুলো আয়নিত হয়ে H^+ আয়ন উৎপন্ন করে। প্রকৃত অর্থে H^+ আয়ন একটি প্রোটন কণা। এটির ব্যাসার্ধ নিউক্লিয়াসের ব্যাসার্ধের সমান। এ অতিক্ষুদ্র স্থানে ধনাত্মক আধান কেন্দ্রীভূত থাকে। এ ক্ষুদ্র স্থানে H^+ আয়নের অধিক মাত্রার ধনাত্মক আধান কেন্দ্রীভূত থাকায় এটি মুক্ত অবস্থায় থাকতে পারে না। জলীয় দ্রবণে এসিড অণুগুলো থেকে উৎপন্ন H^+ আয়নগুলো তাদের নিজ নিজ ধনাত্মক আধান পানির অণুর অক্সিজেন পরমাণুতে উপস্থিত ঋণাত্মক আধানবিশিষ্ট নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড়কে তীব্রভাবে আকর্ষণ করে। প্রতিটি H^+ আয়ন একটি পানির অণুর অক্সিজেন পরমাণু থেকে একটি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় গ্রহণ করে হাইড্রোনিয়াম আয়ন (H_3O^+) উৎপন্ন করে। প্রকৃতপক্ষ জলীয় দ্রবণে H^+ আয়নের অস্তিত্বই থাকে না। H^+ আয়ন জলীয় দ্রবণে H_3O^+ আয়ন হিসেবে অবস্থান করে।

জলীয় দ্রবণে এসিডের বিয়োজন ঘটে,

$HCl + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + Cl^-$; $HNO_3 + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + NO_3^-$

$H-COOH + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + H-COO^-$; $H_2SO_4 + 2H_2O \rightleftharpoons 2H_3O^+ + SO_4^{2-}$

যেসব যৌগ জলীয় দ্রবণে আয়নিত হয়ে হাইড্রক্সিল আয়ন (OH^-) উৎপন্ন করে সেসব যৌগকে ক্ষারক বলে। NaOH, KOH, $Ca(OH)_2$, $Mg(OH)_2$, NH_4OH এরা প্রত্যেকেই ক্ষারক। এরা প্রত্যেকেই জলীয় দ্রবণে আয়নিত হয়ে OH^- আয়ন উৎপন্ন করে।

$NaOH(s) + aq \rightleftharpoons Na^+(aq) + OH^-(aq)$; $KOH(s) + aq \rightleftharpoons K^+(aq) + OH^-(aq)$

$Ca(OH)_2(s) + aq \rightleftharpoons Ca^{2+}(aq) + 2OH^-(aq)$; $NH_3(g) + aq \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$

আরহেনিয়াস তত্ত্বের উৎকর্ষ ও সাফল্য :

১. আরহেনিয়াস মতবাদের সাহায্যে এসিড বা ক্ষারকের তীব্রতাকে তাদের বিয়োজন ধ্রুবকের মাধ্যমে পরিমাণগতভাবে প্রকাশ করা যায়। উদাহরণস্বরূপ HA কে যদি একটি এসিড হিসেবে ধরা হয় তবে সেক্ষেত্রে $HA + aq \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + A^-_{(aq)}$;

বিয়োজন ধ্রুবক, $Ka = \frac{[H^+] \times [A^-]}{[HA]}$

বিয়োজন ধ্রুবকের মান বৃদ্ধি পেলে এসিডের শক্তি বৃদ্ধি পায় আর এ মান হ্রাস পেলে এসিডের শক্তি হ্রাস পায়। ক্ষারকের ক্ষেত্রেও বিষয়টি সমানভাবে প্রযোজ্য।

২. জলীয় দ্রবণে এসিড ও ক্ষারকের বিভিন্ন বিক্রিয়া ও ধর্ম ব্যাখ্যার ক্ষেত্রে আরহেনিয়াস মতবাদ সম্পূর্ণভাবে সফল হয়েছে।

৩. এ মতবাদের সাহায্যে এসিড ও ক্ষারকের প্রশমন ব্যাখ্যা করা যায়। আরহেনিয়াসের মতে এসিডের H^+ আয়ন ও ক্ষারকের OH^- মূলকের সংযোগে নিরপেক্ষ যৌগ পানির (H_2O) সৃষ্টি হয়।

$$\underset{\text{(এসিড)}}{H^+} + \underset{\text{(ক্ষার)}}{OH^-} \longrightarrow H_2O$$ এটিই প্রশমন বিক্রিয়া।

৪. যেকোনো শক্তিশালী এসিডের সাথে যেকোনো শক্তিশালী ক্ষারকের প্রশমন বিক্রিয়ায় প্রতি মোল পানি উৎপন্ন হতে যে তাপ উৎপন্ন হয় তা নির্দিষ্ট। এ নির্দিষ্ট মান $-57.34\ kJ\ mol^{-1}$ বা $-13.7\ K\ Cal\ mol^{-1}$ হওয়ার কারণ এ মতবাদ সহজেই ব্যাখ্যা করতে পারে। কারণ সবক্ষেত্রেই একই H^+ আয়ন ও একই OH^- মূলক যুক্ত হয়ে পানি উৎপন্ন করে থাকে।

৫. কোনো উপাদানের জলীয় দ্রবণের প্রকৃতি অম্লীয় বা ক্ষারীয় হওয়ার কারণ এ মতবাদের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায়।

৬. কিছু কিছু রাসায়নিক বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে এসিড প্রভাবক হিসেবে কাজ করে। এসব বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে এসিডের বিয়োজনে উৎপন্ন H^+ আয়ন দ্বারা প্রভাবন ক্রিয়া ব্যাখ্যা করা যায়।

সীমাবদ্ধতা :

১. আরহেনিয়াস মতবাদে জলীয় দ্রবণে মুক্ত হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) এর অস্তিত্ব কল্পনা করা হয়েছে। কিন্তু পরীক্ষার মাধ্যমে প্রমাণিত হয়েছে যে, জলীয় দ্রবণে মুক্ত হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) হাইড্রোনিয়াম মূলক (H_3O^+) হিসেবে অবস্থান করে।

২. আরহেনিয়াসের মতবাদ জলীয় দ্রবণে সম্পূর্ণভাবে কার্যকরী হলেও অজলীয় দ্রবণে কার্যকরী হয় না। অর্থাৎ পানির অনুপস্থিতিতে এ মতবাদ অম্ল-ক্ষারক ধর্মকে ব্যাখ্যা করতে পারে না।

৩. এ মতবাদ অনুযায়ী কেবল হাইড্রোক্সিল মূলক (OH^-) বিশিষ্ট যৌগগুলোকে ক্ষারক হিসেবে ধরা হয়েছে। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে ধাতব অক্সাইড, অ্যামোনিয়া (NH_3), অ্যালকাইল অ্যামিন ($R–NH_2$), ফিনাইল অ্যামিন বা অ্যানিলিন ($C_6H_5–NH_2$) ইত্যাদি যৌগের ক্ষারকীয় ধর্ম এ মতবাদের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায় না।

৪. গ্যাসীয় অবস্থায় কোনো যৌগের এসিড বা ক্ষারক ধর্ম এ মতবাদের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায় না।

$$\underset{\text{ক্ষারক}}{NH_3(g)} + \underset{\text{এসিড}}{HCl(g)} \longrightarrow \underset{\text{লবণ}}{NH_4Cl}$$

৫. $FeSO_4$, $ZnSO_4$, $CuSO_4$, $AlCl_3$ এর জলীয় দ্রবণ কেন অম্লধর্মী এবং Na_2CO_3 এর জলীয় দ্রবণ কেনই বা ক্ষারধর্মী হয় এর ব্যাখ্যা প্রদানে এ মতবাদ ব্যর্থ হয়েছে।

৬. ফসফরিক এসিড (H_3PO_4) এর মনোসোডিয়াম লবণ NaH_2PO_4 এর জলীয় দ্রবণের প্রকৃতি অম্লীয় হলেও, ডাইসোডিয়াম লবণ Na_2HPO_4 এর জলীয় দ্রবণের প্রকৃতি হয় ক্ষারীয়। আরহেনিয়াস মতবাদের সাহায্যে এটি কোনোভাবেই ব্যাখ্যা করা যায় না।

৭. এ মতবাদ অনুসারে এসিড ও ক্ষারকগুলো সনাক্ত করতে ওদের জলীয় মাধ্যমের প্রয়োজন হয়। জলীয় মাধ্যম ভিন্ন এসিড ও ক্ষারকের ধর্ম ব্যাখ্যা করা যায় না। তাই $HCl(g)$ একটি এসিড– এ তথ্যটি আরহেনিয়াসের মতবাদ অনুযায়ী ব্যাখ্যা করা যায় না।

৮. জলীয় দ্রবণ ভিন্ন অন্য কোনো দ্রাবকে দ্রবীভূত যৌগের এসিড বা ক্ষারক ধর্ম এ তত্ত্বের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায় না। যেমন, তরল NH_3 দ্রাবকে দ্রবীভূত NH_4Cl এসিডের অনুরূপ আচরণ করে। এ তত্ত্বের সাহায্যে একে ব্যাখ্যা করা যায় না। বিপরীতভাবে তরল NH_3 দ্রাবকে দ্রবীভূত সোডামাইড ($NaNH_2$) ক্ষারক হিসেবে ধর্ম প্রদর্শন করে। এ তত্ত্বের সাহায্যে একেও ব্যাখ্যা করা যায় না।

১.১৫ ব্রনস্টেড-লাউরীর তত্ত্ব ও অনুবন্ধী এসিড-ক্ষার (Bronsted-Lowry Theory & Conjugate Acid-Base)

১.১৫.১ ব্রনস্টেড-লাউরীর তত্ত্ব (Bronsted-Lowry Theory)

ব্রনস্টেড-লাউরীর তত্ত্বটি (1923) প্রোটনীয় তত্ত্ব নামে পরিচিত। আরহেনিয়াসের মতবাদের সীমাবদ্ধতার পরিবর্তিত রূপ হচ্ছে এ প্রোটনীয় মতবাদ। এসিড-ক্ষারকের বিভিন্ন আধুনিক মতবাদগুলোর মধ্যে ব্রনস্টেড-লাউরীর মতবাদই সরাসরি এসিড-ক্ষারক সাম্যাবস্থা ব্যাখ্যা করে। এ মতবাদ অনুসারে এসিড প্রোটন (H^+) দাতা। অর্থাৎ যেসব পদার্থ অন্য পদার্থকে প্রোটন দান করতে পারবে তারাই এসিড। অপরদিকে ক্ষারক হলো এমন একটি যৌগ বা আয়ন যা এসিডের দানকৃত প্রোটনকে গ্রহণ করতে পারে। অর্থাৎ এসিড প্রোটন দাতা এবং ক্ষারক প্রোটন গ্রহীতা। এরা আধান নিরপেক্ষ যৌগ অথবা ধনাত্মক বা ঋণাত্মক আধানবিশিষ্ট মূলক হতে পারে।

উদাহরণস্বরূপ সালফিউরিক এসিড (H_2SO_4) ও হাইড্রোজেন সালফেট (HSO_4^-) যথাক্রমে যৌগ ও মূলক হলেও প্রোটন দান করার সামর্থ্যের কারণে এরা প্রত্যেকেই এসিড।

H_2SO_4	+	H_2O	⟶	H_3O^+	+	HSO_4^-
এসিড		ক্ষারক		হাইড্রোনিয়াম মূলক		হাইড্রোজেন সালফেট মূলক
HSO_4^-	+	H_2O	⟶	H_3O^+	+	SO_4^{2-}
এসিড		ক্ষারক		হাইড্রোনিয়াম মূলক		সালফেট মূলক
$CH_3–COOH$	+	H_2O	⟶	$CH_3–COO^-$	+	H_3O^+
এসিড		ক্ষারক		ইথানয়েট মূলক		হাইড্রোনিয়াম মূলক
HCOOH	+	H_2O	⟶	$H–COO^-$	+	H_3O^+
এসিড		ক্ষারক		ফরমেট মূলক		হাইড্রোনিয়াম মূলক

এ বিয়োজনের প্রতিটি ক্ষেত্রে প্রত্যেকেই প্রোটন (H^+) দান করেছে এবং দানকৃত প্রোটন (H^+) কে H_2O গ্রহণ করেছে। তাই H_2SO_4, HSO_4^-, H–COOH, CH_3–COOH প্রত্যেকেই এসিড। আর H_2O হলো এখানে ক্ষারক।

নিচের উদাহরণগুলো লক্ষ কর :

NH_3	+	HCl	⟶	NH_4^+	+	Cl^-
ক্ষারক		এসিড		অ্যামোনিয়াম মূলক		ক্লোরাইড আয়ন
OH^-	+	HCl	⟶	H_2O	+	Cl^-
ক্ষারক		এসিড		পানি		ক্লোরাইড আয়ন

এক্ষেত্রে NH_3 ও OH^- যথাক্রমে চার্জবিহীন যৌগ ও ঋণাত্মক মূলক হলেও এরা প্রোটন গ্রহণ করার কারণে প্রত্যেকেই এক একটি ক্ষারক। আর উভয়ক্ষেত্রেই HCl হলো এসিড।

এ মতবাদ অনুসারে প্রশমন যৌগ ছাড়াও বহু সংখ্যক ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন এসিড ধর্ম প্রদর্শন করে থাকে।

উদাহরণস্বরূপ :

এসিড ধর্ম প্রদর্শনকারী ক্যাটায়ন : NH_4^+, PH_4^+, $C_6H_5 – NH_3^+$, $[Fe(H_2O)_6]^{3+}$ ইত্যাদি।

এসিড ধর্ম প্রদর্শনকারী অ্যানায়ন : HSO_4^-, HCO_3^-, $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-}, $HC_2O_4^-$ ইত্যাদি। যেমন,

NH_4^+ (এসিড) + $H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + NH_3$; HCO_3^- (এসিড) + $H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + CO_3^{2-}$

HCO_3^- (এসিড) + $NH_3 \rightleftharpoons NH_4^+ + CO_3^{2-}$

একইভাবে এ মতবাদ অনুসারে বহুসংখ্যক অ্যানায়ন ক্ষারকরূপে কাজ করতে পারে। যেমন,

ক্ষারকীয় ধর্ম প্রদর্শনকারী অ্যানায়ন : OH^-, CO_3^{2-}, $CH_3 – COO^-$, HCO_3^- ইত্যাদি।

CO_3^{2-} (ক্ষারক) + $H_2O \rightleftharpoons HCO_3^- + OH^-$

$CH_3 – COO^-$ (ক্ষারক) + $H_2O \rightleftharpoons CH_3 – COOH + OH^-$; HCO_3^- (ক্ষারক) + $HCl \rightleftharpoons H_2CO_3 + Cl^-$

ব্রনস্টেড-লাউরীর মতবাদ অনুসারে বেশকিছু যৌগ একাধারে এসিড অন্যদিকে ক্ষারক উভয় ধর্মই প্রদর্শন করে থাকে। যেমন H_2O এর ক্ষেত্রে,

$H_2O + NH_3 \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$; $H_2O + HCl \rightleftharpoons H_3O^+ + Cl^-$

(এসিড) (প্রোটন ত্যাগ) (ক্ষারক) (প্রোটন গ্রহণ)

HCO_3^- এর ক্ষেত্রে,

$HCO_3^- + NH_3 \rightleftharpoons NH_4^+ + CO_3^{2-}$; $HCO_3^- + HCl \rightleftharpoons H_2CO_3 + Cl^-$

(এসিড) (প্রোটন ত্যাগ) (ক্ষারক) (প্রোটন গ্রহণ)

বেশ কয়েকটি অণু বা আয়ন এসিড ও ক্ষারক উভয়ের মতো আচরণ করে। উদাহরণস্বরূপ : H_2O, HCO_3^-, HSO_4^-, HS^-, HPO_4^{2-}, $H_2PO_4^-$, $H_2PO_3^-$, $HC_2O_4^-$ ইত্যাদি এসিড ও ক্ষারক উভয়ের ধর্মই প্রদর্শন করে।

১. H_2O অণুর ক্ষেত্রে : এসিড ধর্ম : $H_2O + NH_3 \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$ (প্রোটন দান); ক্ষারকীয় ধর্ম : $H_2O + HCl \rightleftharpoons Cl^- + H_3O^+$ (প্রোটন গ্রহণ)

২. HCO_3^- আয়নের ক্ষেত্রে : এসিড ধর্ম : $HCO_3^- + NH_3 \rightleftharpoons NH_4^+ + CO_3^{2-}$ (প্রোটন দান); ক্ষারকীয় ধর্ম : $HCO_3^- + HCl \rightleftharpoons Cl^- + H_2CO_3$ (প্রোটন গ্রহণ)

৩. HSO_4^- আয়নের ক্ষেত্রে : এসিড ধর্ম : $HSO_4^- + NH_3 \rightleftharpoons NH_4^+ + SO_4^{2-}$ (প্রোটন দান); ক্ষারকীয় ধর্ম : $HSO_4^- + HCl \rightleftharpoons Cl^- + H_2SO_4$ (প্রোটন গ্রহণ)

৪. HS^- আয়নের ক্ষেত্রে : এসিড ধর্ম : $HS^- + NH_3 \rightleftharpoons NH_4^+ + S^{2-}$ (প্রোটন দান); ক্ষারকীয় ধর্ম : $HS^- + HCl \rightleftharpoons Cl^- + H_2S$ (প্রোটন গ্রহণ)

৫. $H_2PO_4^-$ আয়নের ক্ষেত্রে : এসিড ধর্ম : $H_2PO_4^- + NH_3 \rightleftharpoons NH_4^+ + HPO_4^{2-}$ (প্রোটন দান); ক্ষারকীয় ধর্ম : $H_2PO_4^- + HCl \rightleftharpoons Cl^- + H_3PO_4$ (প্রোটন গ্রহণ)

৬. HPO_4^{2-} আয়নের ক্ষেত্রে : এসিড ধর্ম : $HPO_4^{2-} + NH_3 \rightleftharpoons NH_4^+ + PO_4^{3-}$ (প্রোটন দান); ক্ষারকীয় ধর্ম : $HPO_4^{2-} + HCl \rightleftharpoons Cl^- + H_2PO_4^-$ (প্রোটন গ্রহণ)

৭. $H_2PO_3^-$ আয়নের ক্ষেত্রে : এসিড ধর্ম : $H_2PO_3^- + NH_3 \rightleftharpoons NH_4^+ + HPO_3^{2-}$ (প্রোটন দান); ক্ষারকীয় ধর্ম : $H_2PO_3^{2-} + HCl \rightleftharpoons Cl^- + H_3PO_3$ (প্রোটন গ্রহণ)

৮. $HC_2O_4^-$ আয়নের ক্ষেত্রে : এসিড ধর্ম : $HC_2O_4^- + NH_3 \rightleftharpoons NH_4^+ + C_2O_4^{2-}$ (প্রোটন দান); ক্ষারকীয় ধর্ম : $HC_2O_4^- + HCl \rightleftharpoons Cl^- + H_2C_2O_4$ (প্রোটন গ্রহণ)

মনে রাখবে : আরহেনিয়াস তত্ত্ব অনুসারে এসিড জলীয় দ্রবণে আয়নিত হয়ে H^+ আয়ন উৎপন্ন করে। ব্রনস্টেড লাউরি তত্ত্ব অনুসারে জলীয় দ্রবণে এসিডের H^+ আয়ন দান করার প্রবণতা থাকে। কোনো যৌগ H^+ আয়ন দান করে এটি আরহেনিয়াস ও ব্রনস্টেড লাউরি উভয় তত্ত্বের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায়। কোনো যৌগের H^+ আয়ন দানের প্রবণতা আছে এটি ব্রনস্টেড লাউরির তত্ত্বের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায় কিন্তু আরহেনিয়াস তত্ত্বের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায় না।
সুতরাং সব আরহেনিয়াস এসিডগুলো ব্রনস্টেড লাউরির এসিড কিন্তু সব ব্রনস্টেড লাউরির এসিডগুলো আরহেনিয়াস এসিড নয়।

ব্রনস্টেড-লাউরির তত্ত্বের সীমাবদ্ধতা :

১. এ তত্ত্বের সাহায্যে বিভিন্ন অধাতব অক্সাইড যেমন CO_2, SO_2, NO_2 এদের এসিডিয় ধর্ম ব্যাখ্যা করা যায় না। একইভাবে বিভিন্ন ধাতব অক্সাইড যেমন Na_2O, CaO, BaO এদের ক্ষারকীয় ধর্ম ব্যাখ্যা করা যায় না।

২. এ তত্ত্বের সাহায্যে BF_3, BCl_3, $AlCl_3$, $FeCl_3$ প্রভৃতি যৌগের এসিড ধর্ম ব্যাখ্যা করা যায় না।

৩. এ তত্ত্বের এসিড-ক্ষারের বিক্রিয়া প্রোটনের গ্রহণ ও বর্জনের মধ্যেই সীমাবদ্ধ। কিন্তু বাস্তবতা হলো অনেক এসিড–ক্ষারক বিক্রিয়া আছে যেখানে প্রোটনের আদান-প্রদান আদৌ ঘটে না। এ ধরনের বিক্রিয়া এ মতবাদের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায় না। উদাহরণস্বরূপ : (i) $BF_3 + NH_3 = NH_3BF_3$; (ii) $Ag^+ + 2NH_3 = [Ag(NH_3)_2]^+$; (iii) $SiF_4 + 2F^- = [SiF_6]^{2-}$; (iv) $PCl_3 + 2Cl^- = [PCl_5]^{2-}$।

চিন্তা করে উত্তর দাও – ১.২৭ :

১. প্রোটনের আদান-প্রদান ঘটে না এরূপ দুটি এসিড ক্ষারক বিক্রিয়ার উদাহরণ দাও।

২. আরহেনিয়াস মতবাদ অনুসারে NH_3, H_2O, PH_3 এরা কেউ ক্ষারক নয় কিন্তু ব্রনস্টেড-লাউরির মতবাদ অনুযায়ী এরা প্রত্যেকেই ক্ষারক– উক্তির মূল বিষয়টির ব্যাখ্যা কর।

৩. আরহেনিয়াসের মতবাদে OH^- মূলক দাতা হলো ক্ষারক আর ব্রনস্টেড-লাউরির মতবাদে প্রোটন (H^+) গ্রহীতা হলো ক্ষারক। এ দুই উক্তির উৎকর্ষতা ও ব্যর্থতার ব্যাখ্যা কর।

৪. আরহেনিয়াস ও ব্রনস্টেড-লাউরির মতবাদের মধ্যে কোনটিকে দ্রাবক হিসেবে পানির ভূমিকাকে অপরিহার্য রাখা হয়েছে– উত্তরের সপক্ষে যথার্থ যুক্তি দাও।

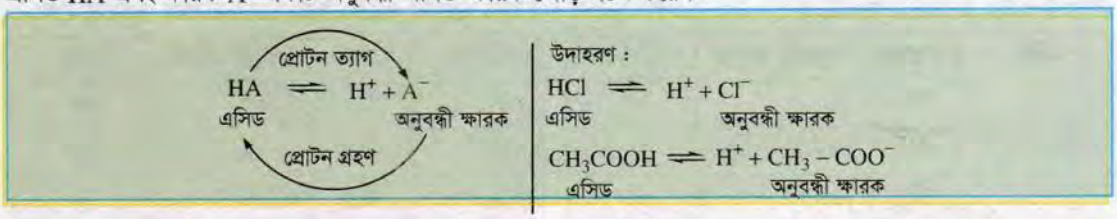
৫. ব্রনস্টেড লাউরির মতবাদ অনুসারে দেখাও পানি এসিড ও ক্ষার উভয় হিসেবেই আচরণ করে।

৬. NaH_2PO_4 এর জলীয় দ্রবণের প্রকৃতি অম্লীয় হলেও Na_2HPO_4 এর জলীয় দ্রবণের প্রকৃতি ক্ষারীয় কেন?

৭. NH_3 ও CO_3^{2-} ব্রনস্টেড ক্ষারক কেন?

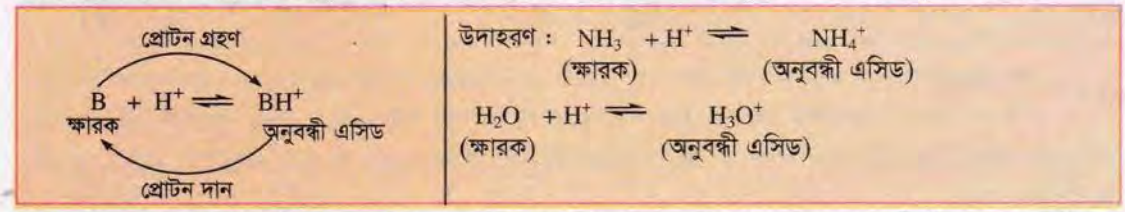
১.১৫.২ অনুবন্ধী এসিড-ক্ষারক (Conjugate Acid-Base)

এসিড অণু প্রোটন (H^+) ত্যাগ করে অ্যানায়নে পরিণত হয়। এ অ্যানায়ন পুনরায় প্রোটন গ্রহণ করে এসিডে পরিণত হয়। অ্যানায়ন প্রোটন (H^+) গ্রহীতা অর্থাৎ ক্ষারক হিসেবে কাজ করে। এসিড প্রোটন (H^+) দান করে যে অ্যানায়ন উৎপন্ন করে সে অ্যানায়নটিকে ঐ এসিডের অনুবন্ধী ক্ষারক বলা হয়। যদি HA একটি এসিড হয় তবে তার অনুবন্ধী ক্ষারক A^-। তাই এসিড HA এবং ক্ষারক A^- একটি অনুবন্ধী এসিড-ক্ষারক জোড় গঠন করে।



এখানে HCl এর অনুবন্ধী ক্ষারক হলো Cl^-। তাই HCl ও Cl^- আয়ন অনুবন্ধী এসিড-ক্ষারক যুগল গঠন করে। আবার $CH_3 - COOH$ এর অনুবন্ধী ক্ষারক হলো $CH_3–COO^-$। ফলে $CH_3–COOH$ ও $CH_3–COO^-$ মূলক অনুবন্ধী এসিড-ক্ষারক যুগল গঠন করে।

বিপরীতভাবে কোনো ক্ষারক (B) প্রোটন গ্রহণ করলে যে ক্যাটায়ন (BH^+) উৎপন্ন হয় তা পুনরায় প্রোটন ত্যাগ করে ক্ষারক উৎপন্ন করতে পারে। তাহলে উৎপন্ন ক্যাটায়নটি (BH^+) এসিডরূপে কাজ করতে পারে। তাই কোনো ক্ষারক প্রোটন গ্রহণ করে যে ক্যাটায়ন উৎপন্ন করে, সেই ক্যাটায়নটি ঐ ক্ষারকের অনুবন্ধী এসিড। তাহলে ক্ষারক B এর অনুবন্ধী এসিড হলো ক্যাটায়ন BH^+। এ আলোচনা হতে তোমরা নিশ্চয়ই বুঝতে পেরেছ এসিড BH^+ ও ক্ষারক B একটি অনুবন্ধী এসিড ক্ষারক যুগল গঠন করে।

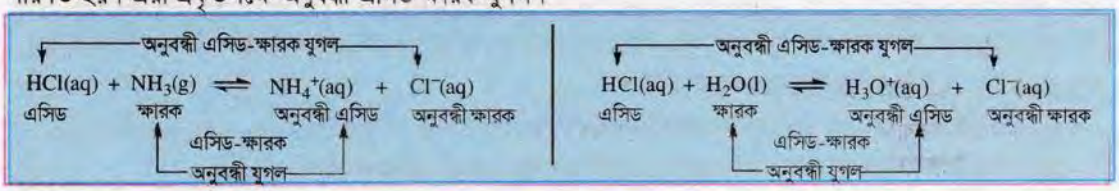


এখানে NH_3 এর অনুবন্ধী এসিড হলো NH_4^+। তাই NH_3 ও NH_4^+ অনুবন্ধী এসিড-ক্ষারক যুগল গঠন করে। একইভাবে H_2O এর অনুবন্ধী এসিড হলো H_3O^+। তাই H_2O ও H_3O^+ অনুবন্ধী এসিড-ক্ষারক যুগল গঠন করে।

এ আলোচনার প্রেক্ষাপটে আমরা নিশ্চয়ই বলতে পারব–

এসিড ⇌ অনুবন্ধী ক্ষারক + H^+; ক্ষারক + H^+ ⇌ অনুবন্ধী এসিড

প্রতিটি এসিড প্রোটন দান করে ক্ষারকে পরিণত হয়। আবার প্রতিটি ক্ষারক প্রোটন গ্রহণ করে অপর একটি এসিডে পরিণত হয়। এরা প্রকৃতপক্ষে অনুবন্ধী এসিড ক্ষারক যুগল।



মনে রাখবে : এসিড যতো তীব্র হয়, তার প্রোটন ত্যাগের প্রবণতাও ততো বেশি হয়। তখন এসিডের অনুবন্ধী ক্ষারকটির প্রোটনের সাথে যুক্ত হওয়ার প্রবণতা খুব কম হয়। অর্থাৎ এটি মৃদু ক্ষারধর্মী হয়। বিপরীতভাবে মৃদু এসিডের প্রোটন ত্যাগের প্রবণতা কম হওয়ায় মৃদু এসিডের অনুবন্ধী ক্ষারকের প্রোটনের সাথে যুক্ত হওয়ায় প্রবণতা বেশি হয়। ফলে এটি তীব্র ক্ষারধর্মী হয়। তাই তীব্র এসিডের অনুবন্ধী ক্ষারক মৃদু হয় এবং মৃদু এসিডের অনুবন্ধী ক্ষারক তীব্র হয়। বিপরীতভাবে তীব্র ক্ষারকের অনুবন্ধী এসিড মৃদু হয় এবং মৃদু ক্ষারকের অনুবন্ধী এসিড তীব্র হয়।

উদাহরণস্বরূপ HCl একটি তীব্র এসিড। HCl এর অনুবন্ধী ক্ষারক Cl^- একটি মৃদু ক্ষারক। একইভাবে $CH_3–COOH$ একটি মৃদু এসিড। $CH_3–COOH$ এর অনুবন্ধী ক্ষারক $CH_3–COO^-$ একটি তীব্র ক্ষারক।

$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$, $CH_3–COOH \rightleftharpoons CH_3–COO^- + H^+$, $H–COOH \rightleftharpoons HCOO^- + H^+$

(তীব্র এসিড) (মৃদু ক্ষারক) (মৃদু এসিড) (তীব্র ক্ষারক) (মৃদু এসিড) (তীব্র ক্ষারক)

কয়েকটি এসিড ও তাদের অনুবন্ধী ক্ষারক এবং কয়েকটি ক্ষারক ও তাদের অনুবন্ধী এসিড। নিচে ছকের মাধ্যমে দেখানো হলো–

এসিড	প্রকৃতি	অনুবন্ধী ক্ষারক	প্রকৃতি
HCl	তীব্র	Cl^-	মৃদু
HNO_3	তীব্র	NO_3^-	মৃদু
H_2SO_4	তীব্র	HSO_4^-	মৃদু
HSO_4^-	তীব্র	SO_4^{2-}	মৃদু
H_2CO_3	মৃদু	HCO_3^-	তীব্র
HCO_3^-	মৃদু	CO_3^{2-}	তীব্র
$CH_3–COOH$	মৃদু	$CH_3–COO^-$	তীব্র
H–COOH	মৃদু	$H–COO^-$	তীব্র
H_2O	মৃদু	OH^-	তীব্র

ক্ষারক	প্রকৃতি	অনুবন্ধী এসিড	প্রকৃতি
OH^-	তীব্র	H_2O	মৃদু
CO_3^{2-}	তীব্র	HCO_3^-	মৃদু
HCO_3^-	তীব্র	H_2CO_3	মৃদু
$CH_3–COO^-$	তীব্র	$CH_3–COOH$	মৃদু
SO_4^{2-}	মৃদু	HSO_4^-	তীব্র
HSO_4^-	মৃদু	H_2SO_4	তীব্র
NH_3	মৃদু	NH_4^+	তীব্র
ClO_4^-	মৃদু	$HClO_4$	তীব্র
H_2O	মৃদু	H_3O^+	তীব্র

মনে রাখবে : এসিড কর্তৃক দানকৃত প্রোটন (H^+) গ্রহণের জন্য ক্ষারকের প্রয়োজন হয় বলে যেকোনো অম্ল বা ক্ষারকের শক্তি এর সাথে বিক্রিয়াকারী যথাক্রমে ক্ষারক বা অম্লের উপর নির্ভর করে। যেমন পানির সংস্পর্শে $CH_3–COOH$ একটি দুর্বল এসিড কিন্তু NH_3 দ্রবণে শক্তিশালী এসিড। আবার শক্তিশালী এসিড H_2SO_4 এর উপস্থিতিতে $CH_3–COOH$ ক্ষারক হিসেবে কাজ করে।

$H_2SO_4 + CH_3–COOH \rightleftharpoons HSO_4^- + CH_3–COOH_2^+$

(এসিড) (ক্ষারক) (অনুবন্ধী ক্ষারক) (অনুবন্ধী এসিড)

তাহলে এবার বলো–

১। শক্তিশালী এসিড H_2SO_4 কোনটির উপস্থিতিতে ক্ষারক হিসেবে কাজ করবে– (i) H_2SO_3, (ii) H_3PO_4, (iii) $HClO_4$, (iv) H_2O.

২। H – COOH ক্ষার হিসেবে কাজ করবে কোনটির উপস্থিতিতে– (i) H_2O, (ii) NH_3, (iii) $CH_3 – NH_2$, (iv) $HClO_2$।

৩। H_2O ক্ষার হিসেবে কাজ করবে কোনটির উপস্থিতিতে– (i) NH_3, (ii) $CH_3 – NH_2$, (iii) H_2S, (iv) NaOH

তীব্র ক্ষারের অনুবন্ধী এসিডের প্রকৃতি মৃদু হয়। তীব্র এসিডের অনুবন্ধী ক্ষারের প্রকৃতিও মৃদু হয়। মৃদু এসিডের অনুবন্ধী ক্ষার তীব্র এবং মৃদু ক্ষারের অনুবন্ধী এসিড তীব্র হয়। তাহলে বলো–

(i) NaOH এর অনুবন্ধী এসিড ও NH_4OH এর অনুবন্ধী এসিড দুটির মধ্যে কোনটি বেশি অম্লীয়?

(ii) HCl এর অনুবন্ধী ক্ষার ও $CH_3 – COOH$ এর অনুবন্ধী ক্ষারের মধ্যে কোনটি বেশি ক্ষারীয়?

ব্রনস্টেড লাউরির এসিডের আপেক্ষিক তীব্রতা এবং স্ব-স্ব অনুবন্ধী ক্ষারকের তীব্রতার ছক।

শক্তিশালী এসিড	অনুবন্ধি ক্ষারক	দুর্বল ক্ষারক
$HClO_4$	ClO_4^-	
H_2SO_4	HSO_4^-	
HI	I^-	
HBr	Br^-	
HCl	Cl^-	
HNO_3	NO_3^-	
H_3O^+	H_2O	
HSO_4^-	SO_4^{2-}	
H_2SO_3	HSO_3^-	
H_3PO_4	$H_2PO_4^-$	
HNO_2	NO_2^-	
HF	F^-	
$CH_3 - COOH$	CH_3COO^-	
H_2CO_3	HCO_3^-	
H_2S	HS^-	
NH_4^+	NH_3	
HCN	CN^-	
HCO_3^-	CO_3^{2-}	
HS^-	S^{2-}	
H_2O	OH^-	
NH_3	NH_2^-	
OH^-	O^{2-}	
দুর্বল এসিড		শক্তিশালী ক্ষারক

মনে রাখবে : H_3O^+ এর উপরের সবগুলোই তীব্র এসিড। H_3O^+ এর নিচের দিকে H_2O পর্যন্ত দুর্বল এসিড। H_2O এর নিচে NH_3 ও OH^- এতই দুর্বল যে এ দুটিকে আর এসিড হিসেবেই গণ্য করা হয় না।

H_2O এর উপরের সবগুলোই দুর্বল ক্ষার। H_2O থেকে OH^- পর্যন্ত ক্ষারের তীব্রতা ক্রমান্বয়ে বৃদ্ধি পায়। OH^- এর নিচে NH_2^- ও O^{2-} খুবই শক্তিশালী ক্ষারক।

মনে রাখবে : কয়েকটি এসিডের তীব্রতার উচ্চ হতে নিম্নক্রম হলো–

$HClO_4 > H_2SO_4 > HI > HBr > HCl > HNO_3 > H_3O^+ > HSO_4^- > H_3PO_4 > HNO_2 > CH_3 - COOH > H_2CO_3 > H_2S > NH_4^+ > HCN > H_2O > NH_3$

উল্লেখিত এসিডগুলোর অনুবন্ধি ক্ষারকের তীব্রতার নিম্ন হতে উচ্চক্রম হলো–

$ClO_4^- < HSO_4^- < I^- < Br^- < Cl^- < NO_3^- < H_2O < SO_4^{2-} < H_2PO_4^- < NO_2^- < CH_3 - COO^- < HCO_3^- < HS^- < NH_3 < CN^- < OH^- < NH_2^-$।

দলগতভাবে কর – ১.২৮ :

১. উল্লিখিত বিক্রিয়ায় অনুবন্ধী এসিড ক্ষারক যুগল চিহ্নিত কর :

(i) $H_2O(l) + NH_3(g) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$,

(ii) $HSO_4^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$

(iii) $CH_3 - COOH(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + CH_3 - COO^-(aq)$

(iv) $H_2SO_4(aq) + CH_3 - COOH(aq) \rightleftharpoons CH_3 - COOH_2^+(aq) + HSO_4^-(aq)$

(v) $H_2O(aq) + NH_2^-(aq) \rightleftharpoons NH_3(g) + OH^-(aq)$, (vi) $H_2PO_4^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + HPO_4^{2-}(aq)$,

(vii) $HClO_2(aq) + H - COOH(aq) \rightleftharpoons ClO_2^-(aq) + HCOOH_2^+(aq)$,

(viii) $H_2S(g) + H_2O(l) \rightleftharpoons HS^-(aq) + H_3O^+(aq)$

(ix) $CH_3 - NH_2 + H_2O(l) \rightleftharpoons CH_3 - NH_3^+ + OH^-$

২. প্রতিটি এসিডের জন্য অনুবন্ধী ক্ষারকের সংকেত লেখ : HNO_3, HNO_2, H_2SO_4, HSO_4^-, H_2CO_3, HCO_3^-, $H_2PO_3^-$, H_3PO_4, H_2O, NH_4^+, H_3O^+, $CH_3 - COOH_2^+$, $C_2H_2O_4$, $CH_3 - COOH$।

৩. প্রতিটি ক্ষারের জন্য অনুবন্ধী এসিডের সংকেত লেখ : H_2O, NH_3, NH_2^-, OH^-, HSO_4^-, HCO_3^-, PH_3, $CH_3 - COO^-$, SO_4^{2-}, HPO_4^{2-}, CO_3^{2-}, NH_4OH, NaOH.

৪. Na^+, NH_4^+, H_3O^+, K^+ এর মধ্যে কোন অনুবন্ধী এসিডটি বেশি তীব্র?

৫. ClO^-, ClO_2^-, ClO_3^-, ClO_4^- এর মধ্যে কোনটি সবচেয়ে শক্তিশালী ক্ষারক?

৬. SO_4^{-2}, CO_3^{-2}, HPO_3^{-2}, HCO_3^- এর মধ্যে কোনটি উভধর্মী?

৭. PO_4^{-3}, $H_2PO_2^-$, $H_2PO_3^-$, HPO_3^{-2} এর মধ্যে কোনটি উভধর্মী?

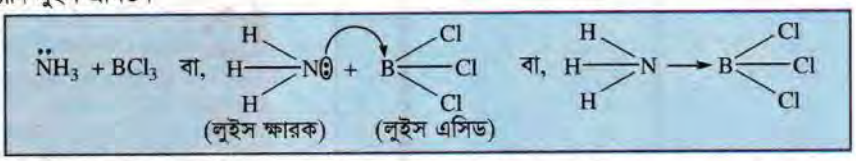
৮. NH_4^+, Na^+, $CH_3 - COO^-$ ও NO_3^- এর মধ্যে কোনটিকে জলীয় দ্রবণে দ্রবীভূত করলে দ্রবণের প্রকৃতি হবে ক্ষারীয় এবং কেন?

১.১৬ এসিড ও ক্ষার সম্পর্কিত লুইস তত্ত্ব (Lewis Theory Related to Acids and Bases)

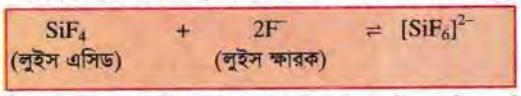
যোজ্যতার ইলেকট্রনীয় তত্ত্বের উপর ভিত্তি করে বিজ্ঞানী জি এন লুইস 1923 খ্রিস্টাব্দে এসিড ও ক্ষারক সম্পর্কীয় ইলেকট্রনীয় মতবাদ উপস্থাপন করেন। এসিড ক্ষারক সম্পর্কে এ মতবাদ হলো– এসিড হলো একটি যৌগ বা আয়ন যা অন্য ইলেকট্রন দাতা গ্রুপ হতে দানকৃত ইলেকট্রন যুগলকে গ্রহণ করতে পারে। আর ক্ষারক হলো একটি যৌগ বা আয়ন যা অন্য পদার্থকে ইলেকট্রন যুগল দান করতে পারে।

সাধারণভাবে বললে যেসব প্রশম অণু বা আয়ন ইলেকট্রন জোড় গ্রহণ করতে পারে তাদেরকে এসিড আর যেসব পদার্থ ইলেকট্রন জোড় দান করতে পারে, তাদেরকে ক্ষারক বলে। যেমন

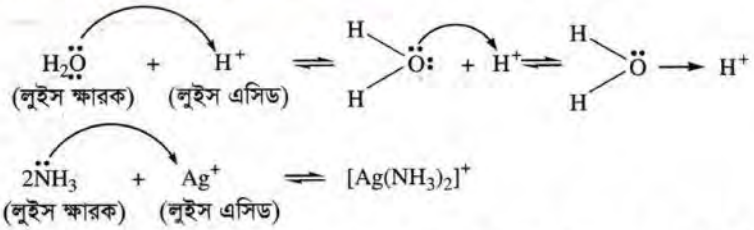
উদাহরণ ১ : যেসব যৌগের কেন্দ্রীয় পরমাণুর অষ্টক অপূর্ণ থাকে, সেগুলো লুইস এসিড হিসেবে কাজ করে। BF_3, BCl_3, $AlCl_3$ ইত্যাদি লুইস এসিড।



উদাহরণ ২ : এমন কিছু যৌগ আছে যাদের কেন্দ্রীয় পরমাণুতে d উপকক্ষ খালি থাকার ফলে অষ্টক সম্প্রসারিত হতে পারে। এ যৌগগুলো লুইস এসিড। PCl_3, $SnCl_2$, $FeCl_3$, SO_3, SiF_4 ইত্যাদি লুইস এসিড।



উদাহরণ-৩ : ক্যাটায়ন যেমন H^+, Ag^+, Cu^{2+}, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Zn^{2+} ইত্যাদি লুইস এসিড।



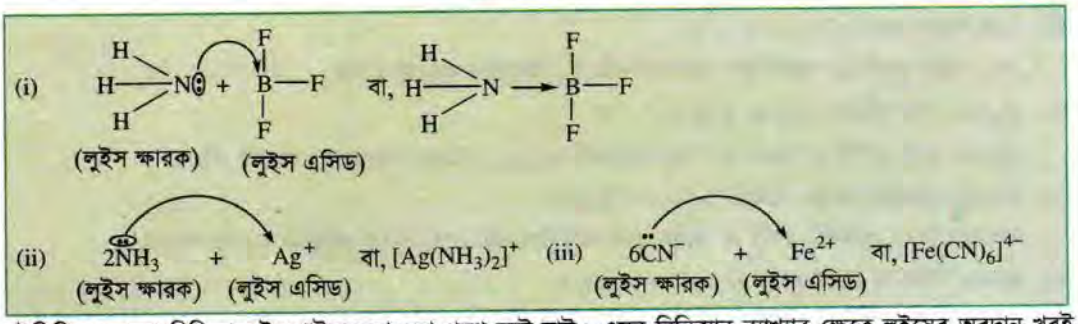
প্রকৃতপক্ষে এক বা একাধিক নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় বর্তমান এরূপ অণু, পরমাণু, মূলক বা আয়নকে লুইস ক্ষারক বলে। যেমন $\ddot{N}H_3$, $H_2\ddot{O}$, $CH_3-\ddot{O}-H$ $:\ddot{A}r:$, $\ddot{O}H^-$, $\ddot{C}N^-$, $\ddot{N}H_2^-$, $:\ddot{X}:^-$ ইত্যাদি লুইস ক্ষারক।

সাধারণভাবে বললে যেসব প্রশম অণু বা আয়ন একটি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় কোনো গ্রহীতাকে দান করে সন্নিবেশ বন্ধন গঠন করে তাদের ক্ষারক বলে।

যেমন, প্রশম অণু : $\ddot{N}H_3$, $\ddot{P}H_3$, $H_2\ddot{O}$, $R-\ddot{O}H$, $R-\ddot{N}H_2$, $C\ddot{O}$, $:\ddot{A}r:$, $\ddot{N}H_2-CH_2-CH_2-\ddot{N}H_2$ ইত্যাদি।

অ্যানায়ন : $\ddot{O}H^-$, $:\ddot{C}l^-$, $:\ddot{B}r^-$, $:\ddot{I}^-$, $C\ddot{N}^-$, $\ddot{S}H^-$ ইত্যাদি।

লুইস তত্ত্বের সাফল্য : এসিড-ক্ষারক সম্পর্কে লুইস তত্ত্বটি সম্পূর্ণ মৌলিক। এমন কিছু বিক্রিয়া আছে যেখানে প্রোটনের কোনো দান বা গ্রহণ ঘটে না, এরূপ বহুসংখ্যক বিক্রিয়াকে এ তত্ত্বের সাহায্যে ব্যাখ্যা করে বিক্রিয়াগুলোকে এসিড-ক্ষারক বিক্রিয়ায় অন্তর্ভুক্ত করা হয়।



উল্লিখিত কোনো বিক্রিয়াতেই প্রোটনের দান বা গ্রহণ ঘটে নাই। এসব বিক্রিয়ার ব্যাখ্যার ক্ষেত্রে লুইসের অবদান খুবই গুরুত্ববহ।

নিচের যৌগ ও আয়নগুলোর মধ্যে কোনগুলো লুইস এসিড এবং কোনগুলো লুইস ক্ষারক?

(i) $AlCl_3$, (ii) NH_3 (iii) BF_3, (iv) F^-, (v) Co^{3+}, (vi) Fe^{3+} (vii) CN^-, (viii) CO, (ix) Ar, (x) $CH_3 - OH$

লুইস তত্ত্ব অনুসারে যে কোনো অণু, পরমাণু বা আয়ন যা অন্য কোনো পদার্থ (ক্ষারক) থেকে ইলেকট্রন জোড় গ্রহণ করে তারাই এসিড। অন্যদিকে যে কোনো অণু, পরমাণু বা আয়ন যা অন্য কোনো পদার্থকে (এসিড) ইলেকট্রন জোড় দান করে তারাই ক্ষারক।

(i) **$AlCl_3$ অণুর ক্ষেত্রে :** Al পরমাণুর যোজ্যতা স্তর খালি থাকায় $AlCl_3$ যৌগের Al পরমাণু ইলেকট্রন জোড় গ্রহণ করে। এ কারণে $AlCl_3$ একটি লুইস এসিড।

(ii) **NH_3 অণুর ক্ষেত্রে :** N-পরমাণুর যোজ্যতা স্তরে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় বর্তমান থাকায় N পরমাণু ইলেকট্রন জোড় দান করে। এ কারণে NH_3 একটি লুইস ক্ষারক।

(iii) **BF_3 অণুর ক্ষেত্রে :** B পরমাণুর যোজ্যতা স্তর খালি থাকায় B পরমাণু ইলেকট্রন জোড় গ্রহণ করে। এ কারণে BF_3 একটি লুইস এসিড।

(iv) **F^- আয়নের ক্ষেত্রে :** F^- আয়নের যোজ্যতাস্তরে তিনটি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় থাকায় F^- আয়ন ইলেকট্রন জোড় দান করে। এ কারণে F^- আয়নটি লুইস ক্ষারক।

(v) **Co^{3+} আয়নের ক্ষেত্রে :** Co^{3+} আয়নের যোজ্যতা স্তর খালি থাকায় Co^{3+} আয়ন ইলেকট্রন জোড় গ্রহণ করে। এ কারণে Co^{3+} আয়ন একটি লুইস এসিড।

(vi) **Fe^{3+} আয়নের ক্ষেত্রে :** Fe^{3+} আয়নের যোজ্যতা স্তর খালি থাকায় Fe^{3+} আয়ন ইলেকট্রন গ্রহণ করে। এ কারণে Fe^{3+} আয়ন একটি লুইস এসিড।

(vii) **CN^- আয়নের ক্ষেত্রে :** CN^- আয়নের যোজ্যতা স্তরে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় থাকায় CN^- আয়ন ইলেকট্রন জোড় দান করে। এ কারণে CN^- লুইস ক্ষারক।

(viii) **CO অণুর ক্ষেত্রে :** CO অণুতে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় বর্তমান থাকায় CO অণু ইলেকট্রন জোড় দান করে। এ কারণে CO লুইস ক্ষারক।

(ix) **Ar পরমাণুর ক্ষেত্রে :** Ar পরমাণুতে চারটি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় বর্তমান থাকায় Ar পরমাণু ইলেকট্রন জোড় দান করে। এ কারণে Ar লুইস ক্ষারক।

(x) **$CH_3 - OH$ অণুর ক্ষেত্রে :** $CH_3 - OH$ অণুতে দুটি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় বর্তমান থাকায় এটির পক্ষে ইলেকট্রন জোড় দান করা সম্ভব। এ কারণে $CH_3 - OH$ লুইস ক্ষারক।

এসিডের অনুবন্ধী ক্ষারক ও ক্ষারকের অনুবন্ধী এসিড : যে অণু বা আয়ন H^+ আয়ন দান করে সেটি অনুবন্ধী ক্ষারক উৎপন্ন করে। যে অণু বা আয়ন H^+ আয়ন গ্রহণ করে সেটি অনুবন্ধী এসিড উৎপন্ন করে। উদাহরণস্বরূপ :

(i) **$CH_3 - NH_2$ এর ক্ষেত্রে :** $CH_3 - NH_2 + H^+ \rightleftharpoons CH_3 - NH_3^+$

সুতরাং $CH_3 - NH_2$ অণুটি একটি H^+ আয়ন গ্রহণ করে বলে এটি $CH_3 - NH_3^+$ এসিডের অনুবন্ধী ক্ষারক।

(ii) **HN_3 অণুর ক্ষেত্রে :** $HN_3 \rightleftharpoons N_3^- + H^+$

HN_3 অণুটি একটি H^+ আয়ন দান করে বলে এটি N_3^- ক্ষারকের অনুবন্ধী এসিড।

(iii) **H_2CO_3 অণুর ক্ষেত্রে :** $H_2CO_3 \rightleftharpoons HCO_3^- + H^+$

H_2CO_3 অণুটি একটি H^+ আয়ন দান করে বলে এটি HCO_3^- আয়নের (ক্ষারকের) অনুবন্ধী এসিড।

(iv) **CH_3O^- আয়নের ক্ষেত্রে :** $CH_3O^- + H^+ \rightleftharpoons CH_3OH$

সুতরাং CH_3O^- আয়নটি একটি H^+ আয়ন গ্রহণ করে বলে এটি $CH_3 - OH$ এসিডের অনুবন্ধী ক্ষারক।

(v) **HSO_4^- আয়নের ক্ষেত্রে :** $HSO_4^- + H^+ \rightleftharpoons H_2SO_4$।

সুতরাং HSO_4^- আয়নটি একটি H^+ আয়ন গ্রহণ করে বলে এটি H_2SO_4 এসিডের অনুবন্ধী ক্ষারক।

আবার $HSO_4^- \rightleftharpoons SO_4^{2-} + H^+$

HSO_4^- আয়নটি একটি H^+ আয়ন দান করে বলে এটি SO_4^{2-} ক্ষারকের অনুবন্ধী এসিড।

(vi) **HCO_3^- আয়নের ক্ষেত্রে :** $HCO_3^- + H^+ \rightleftharpoons H_2CO_3$

HCO_3^- আয়নটি একটি H^+ আয়ন গ্রহণ করে বলে এটি H_2CO_3 এসিডের অনুবন্ধী ক্ষারক।

আবার $HCO_3^- \rightleftharpoons CO_3^{2-} + H^+$।

HCO_3^- আয়নটি একটি H^+ আয়ন দান করে বলে এটি CO_3^{2-} ক্ষারকের অনুবন্ধী এসিড।

(vii) $C_6H_5 - NH_3^+ \rightleftharpoons C_6H_5 - NH_2 + H^+$

সুতরাং $C_6H_5 - NH_3^+$ আয়নটি একটি H^+ আয়ন দান করে বলে এটি $C_6H_5 - NH_2$ ক্ষারকের অনুবন্ধী এসিড।

(viii) **$S_2O_8^{2-}$ আয়নের ক্ষেত্রে :** $S_2O_8^{2-} + H^+ \rightleftharpoons HS_2O_8^-$

এখানে $S_2O_8^{2-}$ আয়নটি একটি H^+ আয়ন গ্রহণ করে বলে এটি $HS_2O_8^-$ এসিডের অনুবন্ধী ক্ষারক।

(ix) **$[Fe(H_2O)_5(OH)]^{2+}$ আয়নের ক্ষেত্রে :** $Fe(H_2O)_5(OH)^{2+} + H^+ \rightleftharpoons [Fe(H_2O)_6]^{3+}$

এক্ষেত্রে $[Fe(H_2O)_5(OH)]^{2+}$ আয়নটি একটি H^+ আয়ন গ্রহণ করে বলে এটি $[Fe(H_2O)_6]^{3+}$ এসিডের অনুবন্ধী ক্ষারক।

$[Al(H_2O)_5(OH)]^{2+}$ আয়নের ক্ষেত্রে : $[Al(H_2O)_5(OH)]^{2+} + H^+ \rightleftharpoons [Al(H_2O)_6]^{3+}$

এক্ষেত্রে $[Al(H_2O)_5(OH)]^{2+}$ আয়নটি একটি H^+ আয়ন গ্রহণ করে বলে এটি $[Al(H_2O)_6]^{3+}$ এসিডের অনুবন্ধী ক্ষারক।

নিজে কর – ১.২৯ :

অণু ও আয়নগুলোর অনুবন্ধী ক্ষারক ও অনুবন্ধী এসিড নির্বাচন কর এবং কারণ ব্যাখ্যা কর।

(i) NH_4^+	(vi) $[Al(H_2O)_6]^{3+}$	(xi) $C_6H_4(OH)COO^-$	(xvi) $[(C_6H_4)C_2O_4]^{2-}$
(ii) $HC_2O_4^-$	(vii) $H_2PO_4^-$	(xii) $[C_6H_4(CHO)O]^-$	(xvii) $[Cr(H_2O)_4]^{3+}$
(iii) HS^-	(viii) NO_3^-	(xiii) $[(C_6H_4^- - COOH)CO_2]^-$	
(iv) C_6H_5N	(ix) ClO_4^-	(xiv) $[Cr(H_2O)_3Cl]^{2+}$	
(v) Cl^-	(x) NH_2^-	(xv) $[Fe(H_2O)_6]^{3+}$	

কারণসহ নিচের বিক্রিয়াগুলোর ক্ষেত্রে লুইস এসিড ও লুইস ক্ষার চিহ্নিত কর।

(i)	$Cu^{2+}(aq) + 4NH_3(aq) \rightleftharpoons [Cu(NH_3)_4]^{2+}(aq)$	(vi)	$Zn^{2+}(aq) + 4CN^-(aq) \rightleftharpoons [Zn(CN)_4]^{2-}$
(ii)	$Cr(s) + 6CO(g) \rightleftharpoons Cr(CO)_6(s)$	(vii)	$Fe^{2+}(aq) + 6CN^-(aq) \rightleftharpoons [Fe(CN)_6]^{4-}$
(iii)	$Fe(s) + 5CO(g) \rightleftharpoons Fe(CO)_5(s)$	(viii)	$Co^{3+}(aq) + 6NH_3(aq) \rightleftharpoons [Co(NH_3)_6]^{3+}$
(iv)	$H^+(aq) + NH_3(aq) \rightleftharpoons NH_4^+(aq)$	(ix)	$Al^{3+}(aq) + 6F^-(aq) \rightleftharpoons [AlF_6]^{3-}$
(v)	$Cu^+(aq) + 2CN^-(aq) \rightleftharpoons [Cu(CN)_2]^-$	(x)	$Hg^{2+}(aq) + 4Cl^-(aq) \rightleftharpoons [HgCl_4]^{2-}$

3

লুইস তত্ত্বের সীমাবদ্ধতা :

১. এ তত্ত্ব অনুযায়ী প্রোটনিক এসিড যেমন HCl, HNO_3, H_2SO_4 এদেরকে সরাসরি এসিড শ্রেণির অন্তর্ভুক্ত করা সম্ভব হয় না। যদিও বাস্তবে এরা এসিড। কারণ অবিয়োজিত এসিড অণুগুলো ক্ষারকের সাথে সন্নিবেশ বন্ধনে যুক্ত হতে পারে না।

২. এ তত্ত্বের সাহায্যে এসিড বা ক্ষারককে তাদের আপেক্ষিক তীব্রতা অনুযায়ী সাজানো যায় না। কারণ একই লুইস এসিড যখন ভিন্ন ভিন্ন লুইস ক্ষারকের সাথে যুক্ত হয় তখন ঐ এসিডের তীব্রতার মাত্রা ভিন্ন হয়ে থাকে। আবার একই লুইস ক্ষারক বিভিন্ন লুইস এসিডের সাথে বিক্রিয়া করলে ঐ ক্ষারকের তীব্রতা বিভিন্ন ক্ষেত্রে বিভিন্ন হয়।

চিন্তা করে উত্তর দাও – ১.৩০ :

১. Cl^-, H_3O^+, PF_3, $C_2H_5 - OH$ এর মধ্যে কোনটি লুইস এসিড ব্যাখ্যা কর।

২. $CH_3 - NH_2$, H_3O^+, $AlCl_3$, BF_3 এর মধ্যে কোনটি লুইস ক্ষার ব্যাখ্যা কর।

৩. PCl_3 লুইস এসিড ও লুইস ক্ষার উভয়রূপেই ক্রিয়া করে থাকে কেন?

৪. NH_3 লুইস ক্ষারক হিসেবে আচরণ করলেও NF_3 লুইস ক্ষারক নয় কেন?

১.১৭ মিঠা পানির উৎস ও গুরুত্ব (Sources of Fresh Water & its importances)

১.১৭.১ মিঠা পানির উৎস (Sources of Fresh Water)

ভূ-পৃষ্ঠের প্রায় 75% পদার্থই পানি হলেও মিঠা পানির উৎস খুব সামান্য। পৃথিবীর মোট পানির মাত্র এক ভাগ মানুষের ব্যবহার উপযোগী। মোট পানির শতকরা 97 ভাগই সমুদ্রের পানি। যে পানিতে অতি অল্প পরিমাণের বর্জ্য পদার্থ দ্রবীভূত থাকে, তাকেই মিঠা পানি বলা হয়ে থাকে। আমরা যে পানি প্রতিদিন পান করে থাকি তার pH মান 6.5 – 8.5 সীমার মধ্যে থাকা উচিত। এটিই মূলত মিঠা পানি। চাষাবাদ ও মৎস্য চাষের জন্য মিঠা পানি খুবই উপযোগী।

নিচের চারটি উৎস হতে মিঠা পানি পাওয়া যায়। যথা–

১. হিমবাহ ও তুষার আচ্ছাদিত পানি; ২. বৃষ্টির পানি; ৩. নদীর পানি; ৪. গভীর নলকূপের পানি।

১. **হিমবাহ ও তুষার আচ্ছাদিত পানি :** মোট পানির 2% বরফ হিসেবে থাকে। ভূপৃষ্ঠে মিঠা পানির উৎসের মধ্যে প্রায় 75% থাকে হিমবাহ ও তুষার আচ্ছাদিত অবস্থায় থাকা পানি। মৃদু পানির 0.86% আসে বরফ থেকে। পরিমাণের দিক থেকে 3 কোটি km^3 পানি থাকে বরফ আকারে। আবার এ বরফের বড় একটি অংশ থাকে এন্টার্কটিকা মহাদেশে। তবে এ পানি সংগ্রহ করা মানুষের পক্ষে অসাধ্যের মধ্যেই বলা যায়। পৃথিবীতে সমুদ্রের পানির পরিমাণ 137 কোটি km^3। তবে সূর্যের উত্তাপে ও অন্যান্য প্রক্রিয়ার মাধ্যমে প্রতি বছর সমুদ্র পৃষ্ঠ হতে 452600 km^3 পানি বাষ্পাকারে বায়ুমণ্ডলে ফিরে আসে এবং বৃষ্টিপাতের মাধ্যমে 411600 km^3 পানি পুনরায় সাগরে চলে আসে। 41000 km^3 পানি বরফ আকারে জমা হয়।

২. **বৃষ্টির পানি :** প্রাকৃতিক পানির মধ্যে বৃষ্টির পানিই সর্বাপেক্ষা বিশুদ্ধ মিঠা পানি। এক পশলা বৃষ্টির পরে বৃষ্টির পানি অপেক্ষাকৃত বিশুদ্ধ হয়। প্রকৃতপক্ষে বৃষ্টির পানিই হলো "প্রাকৃতিক পাতিত পানি"। বৃষ্টির পানি উদ্ভিদের ও জীবজন্তুর জীবনের জন্য অত্যন্ত প্রয়োজনীয়।

৩. **নদীর পানি :** বৃষ্টির পানিই প্রধানত নদীতে আসে। বৃষ্টির পানি, ঝরনার পানি ও বরফগলা পানি ভূ-পৃষ্ঠের উপর দিয়ে প্রবাহিত হয়ে নদীতে এসে পড়ে। এ পানি চাষাবাদের জন্য খুবই উপযোগী। দৈনন্দিন কাজে মানুষ মিঠা পানি হিসেবে নদীর পানিকেই বেশি ব্যবহার করে থাকে।

৪. **গভীর নলকূপের পানি :** পৃথিবীতে বিদ্যমান মিঠা পানির 98% ভূগর্ভে অবস্থান করে। বৃষ্টির পানি ও তুষার গলা পানি ভূ-পৃষ্ঠের বিভিন্ন সচ্ছিদ্র কঠিন পদার্থ যেমন মাটি, বালি, পাথর ইত্যাদি স্তর ভেদ করে ভূ-গর্ভে প্রবেশ করার সময় পরিস্রুত হয়ে যখন কাদা, গ্রানাইট, স্লেট ইত্যাদি অভেদ্য স্তরে পৌঁছে, তখন তা জমা হয়ে থাকে। এ পানির মধ্যে মাটির বিভিন্ন দ্রবণীয় লবণ যেমন K, Na, Ca, Mg লবণ ও অন্যান্য বেশ কিছু গ্যাসীয় উপাদান দ্রবীভূত থাকে। কিন্তু কখনই অ্যামোনিয়া ও জৈব পদার্থ দ্রবীভূত থাকে না। গভীর নলকূপের পানিতে খনিজ লবণ দ্রবীভূত থাকে বলে একে 'খনিজ পানি' বলা হয়ে থাকে। বর্তমানে গভীর নলকূপের পানি মিঠা পানির অন্যতম উৎস। কৃষিকাজে বিশেষ করে সেচকাজে এ পানির ব্যবহার সর্বাধিক। কৃষিক্ষেত্রের সাফল্য ও সবুজ বিপ্লব সম্ভব হয়েছে গভীর নলকূপের পানির কারণেই। বাংলাদেশসহ পৃথিবীর বিভিন্ন দেশে এ পানিই পানীয় জলের প্রধান উৎস। এ পানিতে প্রাকৃতিক জৈব বস্তুর পরিমাণ খুবই কম এবং রোগ সৃষ্টিকারী অণুজীবও প্রায় অনুপস্থিত। তাই এ পানি বিশুদ্ধ পানি বা মিঠা পানি হিসেবে বিবেচিত।

১.১৭.২ | মিঠা পানির গুরুত্ব (Importance of Fresh Water)

আমাদের দৈনন্দিন কাজে মিঠা পানির গুরুত্ব অপরিসীম। জীবনের বিভিন্ন ক্ষেত্রে এর এতো বেশি ব্যবহার যা তোমাদের বলে শেষ করা যাবে না। তবে তোমরা নিশ্চয়ই এর গুরুত্ব অনুধাবন করতে পারবে।

নিচে বিশেষ বিশেষ কিছু ক্ষেত্রে মিঠা পানির গুরুত্ব উল্লেখ করা হলো–

১. **রান্নার কাজে :** রান্নার কাজে মিঠা পানি ব্যবহার করা হয়ে থাকে। এতে খাদ্যদ্রব্য সহজে সিদ্ধ হয় ও স্বাদযুক্ত হয়। রান্নার পরে খাদ্য দ্রব্যের বর্ণও আকর্ষণীয় হয়।

২. **কৃষিকাজে :** আমাদের দেশ কৃষিপ্রধান দেশ। কৃষিকাজে ব্যবহৃত পানি বিশেষ করে সেচকার্যে ব্যবহৃত পানি অবশ্যই মিঠা পানি হতে হবে। মিঠা পানির উৎস বিনষ্ট হয়ে গেলে কৃষিক্ষেত্রের যে বিরাট সাফল্য তা ধরে রাখা সম্ভব হয়ে উঠবে না। উদ্ভিদের জীবন চক্রে মিঠা পানির গুরুত্বও কম নয়। প্রোটোপ্লাজমের সত্তা রক্ষায়, কোষের স্বাভাবিক বৃদ্ধিতে, খাদ্য তৈরিতে, সালোকসংশ্লেষণে, স্বতঃস্ফূর্তভাবে প্রস্বেদন ক্রিয়া চালনা করতে, পরাগায়নে, উদ্ভিদের দেহের তাপের স্থিতিশীলতা রক্ষায়, ফল ও বীজের বিস্তারে মিঠাপানির গুরুত্ব অপরিসীম।

৩. **শিল্পে :** মিঠা পানির ব্যবহার করার ফলে শিল্প কারখানায় বয়লারের নিচে কঠিন অদ্রবণীয় ধাতব লবণের স্তর আর পড়ে না। বয়লারের স্বাভাবিক কার্যক্রম ও স্থায়িত্ব ঠিক থাকে। তাপের অপচয় কম হয়।

৪. **লন্ড্রি শিল্পে :** লন্ড্রি শিল্পে মিঠা পানির ব্যবহার বাধ্যতামূলক। সাবানের অপচয় ঘটে না। কাপড়ের সুতার উপর লালচে দাগ সৃষ্টি হয় না।

৫. **মৎস্য চাষে :** মৎস্য চাষের ক্ষেত্রে মিঠা পানির গুরুত্ব অপরিসীম। মিঠা পানিতে প্রয়োজনীয় DO বর্তমান থাকায় মাছের জন্য তা গ্রহণ করা সহজ হয়। মিঠা পানির মাছ লবণাক্ত পানি বা অন্য কোনো ধরনের পানিতে বাঁচতেই পারে না। মাছ চাষের জন্য সংরক্ষিত পানিতে দূষক বর্জ্য মিশে গেলে মাছ মরে যায়।

৬. **পশুপাখি :** খাল-বিল, নদী-নালা, পুকুর, উন্মুক্ত জলাশয় প্রভৃতি স্থানের পানি পশুপাখি পান করে তৃষ্ণা মিটায়। এ পানি মিঠা পানি হওয়া প্রয়োজন। পশুপাখির পানীয় পানি যদি দূষণযুক্ত হয় তবে এ পানি পান করার ফলে এদের মৃত্যু পর্যন্ত হতে পারে।

৭. **জীববৈচিত্র্য :** মিঠা পানির মাছসহ ভিন্ন জলজ প্রাণীর বংশ বিস্তারের ক্ষেত্রে এ পানির গুরুত্ব অত্যন্ত তাৎপর্যপূর্ণ। মিঠা পানির মাছ মিঠা পানি ছাড়া ডিম পাড়ে না। চট্টগ্রামের হালদা নদীতে মাছের ডিম পাড়া তার একটি অন্যতম কারণ। অন্যান্য জলজ প্রাণীর ক্ষেত্রে বিষয়টি সমভাবে প্রযোজ্য। মিঠা পানির অভাবে জীববৈচিত্র্য বিনষ্ট হয়।

১.১৮ সারফেস ওয়াটারের বিশুদ্ধতার মানদণ্ড, খরতা (pH, DO, BOD, COD, TDS)

(Purity Standard of Surface Water and Hardness of Water)

পানির বিশুদ্ধতার মানদণ্ড অনেকগুলো বিষয়ের ওপর নির্ভর করে। এর মধ্যে উল্লেখযোগ্য কয়েকটি হলো– খরতা, pH, পানিতে দ্রবীভূত অক্সিজেন (DO), প্রাণ রাসায়নিক অক্সিজেন চাহিদা (BOD), রাসায়নিক অক্সিজেন চাহিদা (COD) পানিতে দ্রবীভূত ট্রেস উপাদান (TDS) ইত্যাদি। মানদণ্ডগুলো সম্পর্কে নিচে বিস্তারিত আলোচনা করা হলো–

১.১৮.১ | পানির খরতা (Hardness of Water)

পানি আমাদের শরীরের শুধু পানির অভাব পূরণ করে না, বরং বিভিন্ন আয়নিক উপাদানকে যোগান দিয়ে শরীরের আয়নিক ভারসাম্য বজায় রাখতে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রাখে। কিন্তু এ পানিতে যদি কোনো কারণে উক্ত আয়নিক উপাদানসমূহের পরিমাণ বেড়ে যায় অথবা বিষাক্ত ও ক্ষতিকর কোনো উপাদান বা অণুজীব পানিতে মিশে যায় তবে পানি খর হয়। পানিতে Ca^{2+}, Mg^{2+}, Al^{3+}, Fe^{2+} প্রভৃতি আয়নের হাইড্রোজেনকার্বনেট (HCO^{-}_{3}) এবং Ca^{2+}, Mg^{2+} ও Al^{3+} এর সালফেট (SO_4^{2-}) ও ক্লোরাইড (Cl^{-}) জাতীয় লবণ দ্রবীভূত থাকলে পানি খর হয়। তবে হাইড্রোজেনকার্বনেট লবণসমূহ দ্রবীভূত থাকলে পানি অস্থায়ী খর হয়। আর Ca^{2+}, Mg^{2+} ও Al^{3+} এর ক্লোরাইড ও সালফেট জাতীয় লবণ দ্রবীভূত থাকলে পানি স্থায়ী খর হয়।

খর পানি ব্যবহারের ফলে লন্ড্রি শিল্পে, কারখানার বয়লারে, রঞ্জন শিল্পে সাবানের প্রচুর অপচয় ঘটে। যে ধর্মগুণে কোনো পানি সাবানের সাথে সহজে ফেনা উৎপন্ন করে না, কিন্তু যথেষ্ট সাবান খরচের পর ধীরে ধীরে ফেনা উৎপন্ন হয়, পানির এ ধর্মকেই পানির খরতা বলা হয়ে থাকে।

১.১৮.২ | সারফেস ওয়াটারের বিশুদ্ধতার মানদণ্ড (Purity Standard of Surface Water)

পানিতে Ca^{2+} ও Mg^{2+} এর লবণ দ্রবীভূত থাকলে পানি খর হয়। পানিতে দ্রবীভূত Ca^{2+} লবণ থেকে অধঃক্ষিপ্ত $CaCO_3$ এর পরিমাণ দ্বারা পানির খরতা প্রকাশ করা হয়। পানিতে Ca^{2+} লবণ না থাকলে অন্যান্য লবণ যেমন Mg^{2+}, Fe^{2+} প্রভৃতি লবণ থেকে অধঃক্ষিপ্ত ধাতুর লবণকে তুল্য পরিমাণ $CaCO_3$ সাপেক্ষে গণনা করা হয়। পানিতে প্রতি 10,00000 ভাগ ভরে যত ভাগ ভরের $CaCO_3$ বা তার তুল্য পরিমাণে Mg^{2+}, Fe^{2+} প্রভৃতি লবণ অধঃক্ষিপ্ত হয়, ঐ পরিমাণ ভরই ঐ পানির খরতার মাত্রা।

24 g Mg^{2+}, 40 g Ca^{2+}, 56g Fe^{2+} জনিত খরতা দূর করার জন্য প্রতিক্ষেত্রেই 1 mol Na_2CO_3 এর প্রয়োজন।

24g Mg^{2+} ≡ 56 g Fe^{2+} ≡ 40 g Ca^{2+} ≡ 100 g $CaCO_3$

আবার 1 mol $Ca(HCO_3)_2$, 1 mol $CaSO_4$, 1 mol $CaCl_2$ প্রতিক্ষেত্রেই Ca^{2+} এর পরিমাণ 40 g.

∴ 1 mol $Ca(HCO_3)_2$ ≡ 1 mol $CaSO_4$ ≡ 1 mol $CaCl_2$ ≡ 100 g $CaCO_3$

একইভাবে, 1 mol $MgCl_2$ ≡ 1 mol $MgSO_4$ ≡ 1 mol $Mg(HCO_3)_2$ ≡ 100 g $CaCO_3$.

$$CaCO_3 \text{ এর তুল্য ভর} = \frac{\text{আণবিক ভর}}{2} = \frac{100}{2} = 50$$

তাহলে 50 g $CaCO_3$ ≡ 1 গ্রাম তুল্য পরিমাণ অন্য খরতা উৎপাদনকারী লবণ ≡ 0.5 mol $CaCl_2$ ≡ 0.5 mol $MgSO_4$ ≡ 0.5 mol $FeCl_2$ ≡ 0.333 mol $FeCl_3$ ≡ 0.1667 mol $Al_2(SO_4)_3$.

$CaCO_3$ ও $MgCO_3$ অদ্রবণীয় হলেও এদের SO_4^{2-} ও HCO_3^- লবণ পানিতে দ্রবণীয় অবস্থায় থাকে। পানির খরতাকে ppm এককে প্রকাশ করা হয়। WHO এর দিক নির্দেশনা অনুযায়ী পানীয় জলের দ্রবীভূত খনিজ লবণের সর্বোচ্চ পরিমাণ 500 ppm। তবে পানিতে Ca^{2+} ও Mg^{2+} এর পরিমাণ 150 ppm হলেই পানি খর হয়।

পানির খরতার মাত্রা নির্ণয় (Estimation of Hardness of water) :

(ক) অস্থায়ী খরতার মাত্রা নির্ণয় : মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশকের সাহায্যে HCl বা H_2SO_4 এর প্রমাণ দ্রবণ দ্বারা খর পানির নমুনাকে টাইট্রেশন করা হয়। এ ফলাফল থেকে অস্থায়ী খরতাকে পরিমাপ করা হয়।

$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2$, 1000 ml 1M HCl প্রশমিত করে 50 g $CaCO_3$ কে।

1 ml 0.1 M HCl ≡ 0.005 g $CaCO_3$, 1000 ml 0.1 M HCl ≡ 5 g $CaCO_3$

(খ) পানির স্থায়ী খরতা নির্ণয় : বিশ্লেষণগত পদ্ধতি : মূলনীতি : NH_4Cl ও $NH_4OH(aq)$ এর সমন্বয়ে সৃষ্ট ক্ষারীয় বাফার দ্রবণ এবং ইরিওক্রোম ব্লাক T নির্দেশকের উপস্থিতিতে ইথিলিন ডাইঅ্যামিন টেট্রা অ্যাসিটো এসিড (EDTA) দ্বারা পরীক্ষা করে পানির স্থায়ী ও অস্থায়ী উভয় প্রকার খরতাকেই সনাক্ত করা হয়।

ট্রাইট্রেন্ট দ্রবণের মধ্যে Na_2S যোগ করলে দ্রবণের বর্ণ হালকা সোনালী লাল (Wine red) থেকে সমাপ্তি বিন্দুতে নীল বর্ণ ধারণ করে।

গণনা : 1 ml 0.01 M EDTA = 1 mg Ca^{2+} আয়ন।

মনে করি, V_1 ml নমুনা পানিকে পূর্ণ টাইট্রেট করতে 0.01 M EDTA দ্রবণের V_2 ml এর প্রয়োজন পড়ে।

∴ পরীক্ষাধীন পানির খরতা $= \frac{V_2 \times 1000}{V_1}$ ppm। এ মান পানিতে দ্রবণীয় Ca^{2+} আয়নের উপস্থিতি নির্দেশক মান।

সাধারণ পদ্ধতি : খর পানিকে ফুটিয়ে বাইকার্বনেটকে সম্পূর্ণভাবে কার্বনেটে পরিণত করা হয়। পানিতে প্রয়োজন অপেক্ষা অতিরিক্ত Na_2CO_3 এর প্রমাণ দ্রবণ যোগ করা হয়। দ্রবণকে পরিস্রাবণ করা হয়। পরিশ্রুত দ্রবণকে মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশক ব্যবহার করে জানা মাত্রার এসিড দ্রবণের সাহায্যে টাইট্রেট করা হয়। এসিড দ্বারা টাইট্রেশনের কারণে বিক্রিয়া শেষে অবশিষ্ট Na_2CO_3 দ্রবণের আয়তন তথা পরিমাণ জানা যায়। এ আয়তন অপরিবর্তিত Na_2CO_3 দ্রবণের আয়তন। প্রথমে ব্যবহৃত Na_2CO_3 দ্রবণ থেকে এ আয়তন বাদ দিলে পানিতে উপস্থিত লবণের সাথে কী পরিমাণ Na_2CO_3 বিক্রিয়া করে তা পাওয়া যায়। Na_2CO_3 এর পরিমাণ থেকে উৎপন্ন $CaCO_3$ এর পরিমাণ নির্ণয় করা হয়।

$CaSO_4 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + Na_2SO_4$

$CaCO_3$ ভিন্ন অন্য কোন কার্বনেট লবণ উৎপন্ন হলে তুল্য ভরের নীতিকে অনুসরণ করে গণনা করা হয়।

1 ml 0.05 M Na_2CO_3 ≡ 0.005 g $CaCO_3$

মনে রাখবে : পাতিত পানি বিশুদ্ধ হলেও তা পান করার পক্ষে উপযুক্ত নয়। কারণ ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ও অন্যান্য খনিজ লবণ বিশেষ করে আয়রনের লবণসমূহ জীবদেহের জন্য অতি প্রয়োজনীয় উপাদান। পাতিত পানিতে এ ধাতব লবণ থাকে না।

উপরন্তু পানিতে দ্রবীভূত ক্যালসিয়াম হাড় ও দাঁতের গঠনের ক্ষেত্রে খুবই গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রাখে। পানিতে ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম লবণ দ্রবীভূত থাকলে, পানি লেডজনিত বিষাক্ততা হতে পারে না। পৌর এলাকায় লেড পাইপের ভেতর দিয়ে পানি প্রবাহিত করলে, পাইপের ভেতরের গায়ে অদ্রবণীয় ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম যৌগের আস্তরণ পড়ে, যা পানিকে লেডের বিষক্রিয়া হতে রক্ষা করে।

নিজে কর – ১.৩১ :

১. কোন পানিতে প্রতি দশ লক্ষ ভাগ ভরের মধ্যে 45 ভাগ ভরের $CaCO_3$ বর্তমান। পানির খরতার মাত্রা কত?
উত্তর : 45 ppm.

২. কোন পানির নমুনাতে 7.5×10^{-3}% (W/W) $CaCO_3$ বর্তমান থাকলে ঐ পানির খরতার মাত্রা ppm এককে নির্ণয় কর। **উত্তর :** 75 ppm.

৩. কোন নমুনা পানিতে প্রতি দশ লক্ষ ভাগ ভরের মধ্যে 120 ভাগ ভরের $MgSO_4$ বর্তমান। পানির খরতার মাত্রা কত? **উত্তর :** 100 ppm.

৪. কোন নমুনা পানির খরতা 200 ppm হলে ঐ পানি প্রতি লিটারে যে পরিমাণ ক্ষরতা সৃষ্টিকারী পদার্থ Ca, Mg ও Fe এর লবণ উপস্থিত আছে তা কত ভাগ $CaCO_3$ এর সমতুল্য?

চিন্তা করে উত্তর দাও -- ১.৩২ :

১. একটি পাত্রে বর্ণহীন তরল রক্ষিত আছে। নমুনাটি পানি কিনা কীভাবে প্রমাণ করবে?

২. Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{2+} প্রভৃতি দ্রবীভূত থাকলে পানি খর হয় কিন্তু Na^+, K^+, Cl^-, SO_4^{2-} দ্রবীভূত থাকলে পানি খর হয় না কেন?

৩. পানিতে ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের দ্রবীভূত থাকার প্রয়োজন আছে কেন?

১.১৮.৩ পানির pH (pH of Water)

পানির গুণগত মান নির্ণয়ের ক্ষেত্রে যেসব প্যারামিটার ব্যবহার করা হয় pH তার মধ্যে অন্যতম। বিশুদ্ধ পানির pH মান 7। পানির pH মান 7 অপেক্ষা কম হলে পানি অম্লীয় প্রকৃতির হয় আর 7 অপেক্ষা বেশি হলে পানি ক্ষারীয় প্রকৃতির হয়ে থাকে। পানিতে দ্রবণীয় বিভিন্ন লবণের উপর তার pH মান নির্ভর করে থাকে। WHO এর মানদণ্ড অনুসারে পানীয় জলের ক্ষেত্রে আদর্শ pH মান 6.5 – 8.5 হওয়া বাঞ্ছনীয়।

পানির হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) তথা pH অতিসহজেই নির্ণয় করা যায়। pH মাপক যন্ত্রটি একটি গ্লাস তড়িৎদ্বার ও ক্যালোমেল তড়িৎদ্বারের সমন্বয়ে গঠিত। ইলেকট্রোডদ্বয়ের সাথে একটি সূক্ষ্ম ভোল্টমিটার যুক্ত থাকে। কোষটির কাঠামোটি নিম্নরূপ :

$$\underset{\text{গ্লাস তড়িৎদ্বার}}{Ag(s), AgCl(s)\,|\,HCl(1.0M)\ \text{অজানা pH দ্রবণ}\ ||\ KCl(aq)\,|\,Hg_2Cl_2(aq)\,|\,Hg(l), Pt}\ \underset{\text{ক্যালোমেল তড়িৎদ্বার}}{}$$

ক্যালোমেল তড়িৎদ্বার ও গ্লাস তড়িৎদ্বারের সমন্বয়ে কোষ গঠন করে এতে একটি সুবেদী ভোল্টমিটার সংযোগ করে দিলেই pH মিটার তৈরি হয়ে যায়।

১.১৮.৪ পানির দ্রবীভূত অক্সিজেন (Dissolved Oxygen in Water, DO)

পানির গুণগত মান নির্ণয়ের ক্ষেত্রে দ্রবীভূত অক্সিজেন (DO) একটি উৎকৃষ্ট প্যারামিটার। দ্রবীভূত অক্সিজেনের মাধ্যমে পানির বিশুদ্ধতা সম্পর্কে ধারণা লাভ করা যায়। পানিতে বিভিন্ন অণুজীব, জলজ প্রাণী, জলজ উদ্ভিদের জীবন ধারণের জন্য যে পরিমাণ অক্সিজেনের প্রয়োজন ঐ পরিমাণ অক্সিজেন পানিতে দ্রবীভূত থাকা একান্ত জরুরি। পানিতে দ্রবীভূত অক্সিজেনই DO নামে পরিচিত। আদর্শ পানির DO এর পরিসীমা 4 – 8 mg L^{-1}।

জলজ প্রাণী, উদ্ভিদ বা অণুজীবের বেঁচে থাকার জন্য দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণ 4 – 6 ppm. এর কম হলে এদের বেঁচে থাকা খুবই কঠিন। পানিতে দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণ 2.5 ppm এর কম হলে ঐ পানি দূষিত পানি। পানিতে প্রতিনিয়ত বর্জ্যরূপে যেসব জৈব দূষক পদার্থসমূহ মিশে পানিকে দূষিত করে তাদের জারণের মাধ্যমে বিনষ্ট করার কাজেও DO গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রাখে। পানিতে DO এর পরিমাণ কমে গেলে এরূপ জারণ কার্যে প্রতিবন্ধকতা সৃষ্টি হওয়ায় পানির দূষণ মাত্রা ক্রমান্বয়ে বেড়ে যায়। অসম্পূর্ণ জারণের ফলে মিথেন (CH_4), ফসফিন (PH_3), হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S), অ্যামিন জাতীয় যৌগের উদ্ভব ঘটে। ফলে পানিতে দুর্গন্ধের সৃষ্টি হয়। পয়ঃনিষ্কাশন জৈব আবর্জনাবাহিত নর্দমার তরল, শিল্পবর্জ্য, পশুপাখির মলমূত্র ও বর্জ্য বিভিন্ন জৈব আবর্জনা পানিতে মিশে পানির DO হ্রাস করে থাকে।

সাধারণত উইঙ্কলার (Winkler) আয়োডোমিতিক পদ্ধতি অনুসরণ করে DO পরিমাপ করা হয়।

দ্রবীভূত অক্সিজেন নির্ণয় পদ্ধতি (Determination Process of Dissolved Oxygen) :

১. ক্ষারকীয় পটাসিয়াম আয়োডাইড যুক্ত 100 mL জলীয় নমুনায় 20 mL 36% ম্যাঙ্গানিজ সালফেট যোগ কর। ফলে ম্যাঙ্গানিজ হাইড্রোক্সাইড ও পটাসিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়।

$$MnSO_4 + 2KOH \longrightarrow Mn(OH)_2 + K_2SO_4$$

২. পানির দ্রবীভূত অক্সিজেন দ্বারা $Mn(OH)_2$ জারিত হয়ে ক্ষারীয় ম্যাঙ্গানিজ অক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$2Mn(OH)_2 + O_2 \longrightarrow 2MnO(OH)_2$$

৩. এ অবস্থায় দ্রবণে 4 – 5 mL 1 M KI দ্রবণ যোগ কর এবং দ্রবণকে ভালোমতো ঝাঁকাও। অতঃপর দ্রবণের মধ্যে 5 – 6 mL 6 M H_2SO_4 যোগ করে পুনরায় ঝাঁকাও।

H_2SO_4 ক্ষারীয় ম্যাঙ্গানিজ অক্সাইডের সাথে বিক্রিয়া করে $Mn(SO_4)_2$ উৎপন্ন করে। উৎপন্ন $Mn(SO_4)_2$, KI হতে I_2 কে বিমুক্ত করে।

$$MnO(OH)_2 + 2H_2SO_4 \longrightarrow Mn(SO_4)_2 + 3H_2O$$

$$Mn(SO_4)_2 + 2KI \longrightarrow K_2SO_4 + MnSO_4 + I_2$$

এ মুক্ত আয়োডিনের পরিমাণ পানির নমুনার মধ্যে উপস্থিত DO এর সমতুল্য।

৪. স্টার্চ নির্দেশক ব্যবহার করে মুক্ত আয়োডিনকে 0.025 M $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ দ্বারা টাইট্রেট করে DO এর পরিমাণ নির্ণয় করা হয়।

$$2Na_2S_2O_3 + I_2 \longrightarrow Na_2S_4O_6 + 2NaI.$$

দ্রবীভূত অক্সিজেনকে $mg.L^{-1}$ বা ppm এককে প্রকাশ করা হয়।

১.১৮.৫ প্রাণ রাসায়নিক অক্সিজেন চাহিদা (Biological/Biochemical Oxygen Demand, BOD)

বিভিন্ন উৎস হতে দূষকরূপে পানিতে উপস্থিত জৈব বর্জ্য পদার্থসমূহের পচন তথা জৈব বিয়োজনের জন্য অক্সিজেনের প্রয়োজন হয়। পানিতে যতো বেশি পরিমাণে পচনযোগ্য অর্থাৎ বিয়োজনযোগ্য জৈব পদার্থ উপস্থিত থাকে তার অক্সিজেন চাহিদাও ততো অধিক। পানিতে উপস্থিত বিয়োজনযোগ্য জৈব পদার্থের জৈব বিয়োজনের জন্য প্রয়োজনীয় অক্সিজেনের পরিমাণকে প্রাণ-রাসায়নিক অক্সিজেন চাহিদা বা সংক্ষেপে BOD দ্বারা প্রকাশ করা হয়ে থাকে। ভালো মানসম্পন্ন পানির BOD মান 6 $mg.L^{-1}$. এর বেশি হওয়া উচিত নয়। তবে বিশুদ্ধ ও পানীয় জল হিসেবে ব্যবহৃত নিরাপদ পানির BOD মান 1 – 2 $mg.\ L^{-1}$ হওয়া উচিত।

WHO কর্তৃক পানীয় পানিতে অনুমোদিত BOD এর মান 6 ppm

জৈব বস্তু + O_2 $\xrightarrow{\text{ব্যাকটেরিয়া}}$ $CO_2 + H_2O$

Unfiled Notes Page 98

কোনো পানির নমুনায় BOD এর মান 6 $mg.L^{-1}$ বলতে বোঝায় যে, ঐ পানির প্রতি লিটারে উপস্থিত জৈব পদার্থের জৈব রাসায়নিক বিয়োজনের জন্য 6 mg অক্সিজেনের প্রয়োজন। পানির নমুনায় BOD কে ppm এককে প্রকাশ করলেও একইমান পাওয়া যায়। যেমন উল্লিখিত পানির নমুনায় প্রতি 1000 g পানিতে উপস্থিত জৈব দূষকের জৈব রাসায়নিক বিয়োজনের জন্য প্রয়োজনীয় অক্সিজেনের পরিমাণ 6 mg.

$\therefore$ 10,000,00 mg পানিতে উপস্থিত জৈব দূষকের জৈব রাসায়নিক বিয়োজনের জন্য প্রয়োজনীয় O_2 এর পরিমাণ $= \frac{6 \times 10^6}{10^3}$।

নমুনা পানিতে BOD এর মান 6. প্রতি দশ লক্ষ ভাগ পানির মধ্যে উপস্থিত জৈব দূষকের জৈব রাসায়নিক বিয়োজনের জন্য যতো ভাগ অক্সিজেন প্রয়োজন সেই সংখ্যাই হলো ppm এককে প্রকাশিত ঐ পানির নমুনার BOD এর মান। কোনো পানির BOD এর মান যতো বেশি ঐ পানির দূষকের মাত্রা ততো বেশি। কারণ পানিতে বেশি পরিমাণ জৈব দূষক উপস্থিত থাকলে ঐ দূষকের জৈব রাসায়নিক বিয়োজনের জন্য বেশি পরিমাণ অক্সিজেনের প্রয়োজন হয়। সাধারণভাবে গৃহস্থালির বর্জ্য পদার্থ মিশ্রিত পানিতে BOD এর পরিমাণ 100 – 200 ppm. কিন্তু শিল্পবর্জ্যের পানিতে BOD এর পরিমাণ 1000 – 1200 ppm। BOD এর মান থেকে জানা যায় পানিতে দ্রবীভূত অক্সিজেন কতটা কমেছে এবং আর কতটা কমলে ঐ পানিতে জলজ প্রাণী আর বেঁচে থাকবে না। পানিতে BOD এর মান যতো উচ্চ হবে পানিতে দ্রবীভূত অক্সিজেন (DO) এর পরিমাণ ততো হ্রাস পাবে। তবে কোনো পানির নমুনার BOD এর মান ঐ পানির দূষণের মাত্রাকে সঠিকভাবে প্রকাশ করে না। দূষিত পানির প্রতি লিটারে উপস্থিত জৈব পদার্থসমূহের ব্যাকটেরিয়া ঘটিত বিয়োজনের জন্য যতো মিলিগ্রাম অক্সিজেনের প্রয়োজন হয়, সেই মিলিগ্রাম প্রকাশিত সংখ্যাটিকে ঐ পানির BOD বলা হয়ে থাকে।

BOD পরিমাপের কার্যপদ্ধতি (Procedure of biochemical Oxygen Demand or BOD analysis) :

পদ্ধতি : কোনো পানির নমুনার BOD নির্ণয়ের জন্য পানির নমুনাকে প্রথমে 20°C তাপমাত্রায় O_2 গ্যাস দ্বারা সম্পৃক্ত করে ঐ পানিতে উপস্থিত ব্যাকটেরিয়া দ্বারা জৈব যৌগের বিয়োজন (জারণ) প্রক্রিয়া 5 দিন ধরে ঘটানো হয়।

১. বিভিন্ন উৎস হতে বর্জ্য নমুনা পানি সংগ্রহ কর।

২. একটি কনিক্যাল ফ্লাস্কের মধ্যে 50 mL পাতিত পানি নিয়ে এর মধ্যে (i) 1 mL ফসফেট বাফার (pH = 7.2) (ii) 1 mL $MgSO_4$ দ্রবণ (22.5 $g.L^{-1}$), (iii) 1 mL $CaCl_2$ দ্রবণ (27.5 $g.L^{-1}$) এবং (iv) 1 mL $FeCl_3$ দ্রবণ (25 $g.L^{-1}$) যোগ কর।

৩. নমুনা পানিকে লঘু কর। শিল্পবর্জ্য পানির জন্য 0.1 – 1%, সুয়ারেজ এর জন্য 1 – 5%, নদীর দূষিত পানির জন্য 25 – 100% পর্যন্ত লঘু কর।

৪. নমুনা পানির মধ্যে নলের সাহায্যে 5 – 10 মিনিট বায়ুপ্রবাহ কর যাতে DO এর মাত্রা 7 ppm হয়। একে incubation বলে। BOD এর মান যদি DO এর মানের চেয়ে বেশি হয় তবে dilution পানি দিয়ে পানিকে লঘু করা হয়। এ দ্রবণের অর্ধেক পরিমাণ নিয়ে DO পরিমাপ করা হয়। মনে কর এ DO এর মান D_1.

৫. বাকী অর্ধেক নমুনাকে একটি ছিপিযুক্ত কনিক্যাল ফ্লাস্কে নিয়ে ফ্লাস্কের মুখ ভালোভাবে বন্ধ করে 20°C তাপমাত্রায় পাঁচ দিন রেখে দেওয়া হয়। পাঁচ দিন পর নমুনার DO পরিমাপ করা হয়। মনে কর এ DO এর মান D_2.

৬. লঘু পানি নিয়ে দুই অংশে ভাগ কর। এক অংশের DO এর পরিমাণ B_1 নির্ণয় কর। অপর অংশকে ইনকিউবেশন করার পর DO পরিমাপ কর। মনে কর এ মান B_2.

৭. নিচের সমীকরণের সাহায্যে BOD মান নির্ণয় কর।

$$BOD = \frac{(D_1 - D_2) - (B_1 - B_2) \times f}{p} \ mgL^{-1}.$$

এখানে, p = ব্যবহৃত নমুনার দশমিক ভগ্নাংশ, f = নমুনা পানির সাথে নিয়ন্ত্রিত পানির অনুপাত।

১.১৮.৬ | রাসায়নিক অক্সিজেন চাহিদা (Chemical Oxygen Demand, COD)

পানির মধ্যে দূষক পদার্থ হিসেবে এমন কিছু জৈব যৌগ ও অজৈব বিজারক বর্জ্য উপস্থিত থাকে, যাদের বিয়োজন ব্যাকটেরিয়া বা অণুজীব দ্বারা সম্পন্ন হয় না। এগুলো হলো অপচনশীল বা জৈব বিয়োজন অযোগ্য দূষক বর্জ্য। দূষক বর্জ্যের মোট পরিমাণ নির্ণয়ের জন্য শক্তিশালী জারক যেমন, অম্লীয় পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ($K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4$) দ্বারা

নমুনা পানিকে পরীক্ষাগারে জারিত করা হয়। এক্ষেত্রে জারক দূষকের জারণ প্রক্রিয়া সম্পন্ন করার জন্য প্রয়োজনীয় অক্সিজেন সরবরাহ করে থাকে। বর্জ্য পানির নমুনায় উপস্থিত বিয়োজনযোগ্য ও বিয়োজন অযোগ্য জৈব দূষকসমূহের যে অংশ এসিডীয় পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট কর্তৃক জারণের প্রতি সংবেদনশীল সে অংশকে জারিত করতে যে পরিমাণ অক্সিজেন প্রয়োজন তাকে রাসায়নিক অক্সিজেন চাহিদা বা COD বলা হয়ে থাকে। স্বভাবতই কোনো পানির নমুনার COD এর মান BOD এর মান অপেক্ষা বেশি হয়। পানির প্রবাহ, নর্দমার পানি, শিল্পবর্জ্য নমুনার পানি, নমুনার দূষণ ক্ষমতার মান নির্ণয় করতে COD একটি গুরুত্বপূর্ণ প্যারামিটার। COD একটি রাসায়নিক প্রক্রিয়া। খুব অল্প সময়ের মধ্যেই এ মান নির্ণয় করা যায়। পানির নমুনায় উপস্থিত বিয়োজন যোগ্য ও বিয়োজন অযোগ্য দূষক পদার্থসমূহের মোট পরিমাণ নির্ণয়ের জন্য শক্তিশালী জারক উপাদান ($K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4$) দ্বারা পানির নমুনাটিকে পরীক্ষাগারে জারিত করা হয়। এক্ষেত্রে জারক উপাদান দূষকের জারন প্রক্রিয়া সম্পন্ন করার জন্য প্রয়োজনীয় O_2 সরবরাহ করে। বিয়োজন যোগ্য ও বিয়োজন অযোগ্য দূষকসমূহের জারনের জন্য প্রয়োজনীয় মোট অক্সিজেনের চাহিদাকে COD বলা হয়ে থাকে।

রাসায়নিক অক্সিজেন চাহিদা COD পরীক্ষার কার্যপদ্ধতি (Procedure of Chemical Oxygen Demand or COD analysis) :

১. প্রথমে নমুনা পানি সংগ্রহ কর। পানির 10 – 50 mL নমুনা একটি 250 mL কনিক্যাল ফ্লাস্কে নাও।

২. নমুনা পানির মধ্যে 10 – 20 mL 0·1 M $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ ও 9 M H_2SO_4 মিশ্রিত দ্রবণ, 1 g Ag_2SO_4 ও 1 g $HgSO_4$ যোগ কর। এক্ষেত্রে Ag_2SO_4 প্রভাবক হিসেবে কাজ করে এবং $HgSO_4$-কে ক্লোরাইড প্রভাবক দূর করতে ব্যবহার করা হয়।

৩. মিশ্রণকে প্রায় 6 ঘন্টাকাল রিফ্ল্যাক্স কর।

$$[CH_2O] + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + H_2O + CO_2$$

৪. দ্রবণকে শীতল করে নাও। বিক্রিয়ায় অব্যবহৃত $K_2Cr_2O_7$ কে 8 – 10 ফোঁটা ফেরোইন (Ferroin) নির্দেশকের উপস্থিতিতে H_2SO_4 এ দ্রবীভূত 0·1 M মোরের লবণের সাহায্যে টাইট্রেট কর।

৫. নিচের সমীকরণের সাহায্যে COD নির্ণয় কর।

$$COD = \frac{(V_1 - V_2) \times M \times 8 \times 1000}{X} \text{ mg } L^{-1}$$

এখানে, V_1 ও V_2 যথাক্রমে blank মাপন ও পরীক্ষণীয় মাপনে ব্যবহৃত মোরের লবণ দ্রবণের আয়তন, X পরীক্ষার জন্য গৃহীত নমুনার আয়তন, M = মোর লবণের ঘনমাত্রা।

[ফেরোইন (Ferroin) দ্রবণ = 1·485 g অর্থো-ফেনানথ্রোলিন + 0·695 g $FeSO_4.7H_2O$ + 100 mL পানি]

নিজে কর – ১.৩৩ :

১. কোনো নমুনা পানির প্রতি লিটারে উপস্থিত জৈব পদার্থের জৈব রাসায়নিক বিয়োজনের জন্য 4 mg অক্সিজেনের প্রয়োজন। পানির নমুনায় BOD এর পরিমাণ কত ppm?

২. কোনো শিল্পবর্জ্যের পানির BOD এর পরিমাণ 200 ppm। এ পানির প্রতি লিটারে উপস্থিত জৈব পদার্থের জৈব রাসায়নিক বিয়োজনের ক্ষেত্রে কত গ্রাম অক্সিজেনের প্রয়োজন?

৩. কোনো পানির নমুনায় COD এর পরিমাণ 1500 ppm। এ পানির প্রতি লিটারে উপস্থিত বিয়োজনযোগ্য ও বিয়োজন অযোগ্য জৈব দূষকের বিয়োজনের ক্ষেত্রে কত গ্রাম অক্সিজেনের প্রয়োজন?

৪. কোনো পানির নমুনাতে প্রতি লিটারে উপস্থিত বিয়োজনযোগ্য ও বিয়োজন অযোগ্য জৈব দূষকের বিয়োজনের ক্ষেত্রে 10 mg অক্সিজেনের প্রয়োজন। এ পানিতে COD এর পরিমাণ ppm এককে নির্ণয় কর।

৫. কোনো পানির নমুনায় প্রতি লিটারে উপস্থিত জৈব পদার্থের জৈব রাসায়নিক বিয়োজনের জন্য 5 mg অক্সিজেনের প্রয়োজন। ঐ পানির BOD এর পরিমাণ ppm এককে নির্ণয় কর।

চিন্তা করে উত্তর দাও – ১.৩৪ :

১. একজন রসায়নবিদ কোন নমুনা পানির COD 125 mg L^{-1} এবং BOD মান 145 mg L^{-1} বলে উল্লেখ করলেন – পরীক্ষার ফলাফলের উক্তিটির যথার্থতা মূল্যায়ন কর।

২. যে কোনো বর্জ্য পানির COD এর মান BOD অপেক্ষা বড় হয় কেন?

১.১৮.৭ | পানিতে দ্রবীভূত ট্রেস উপাদান (Total dissolved Solid, TDS)

পানিতে কিছু কিছু মৌল এমন সূক্ষ্ম পরিমাণে দ্রবীভূত থাকে যে বিশ্লেষণের মাধ্যমে এদের উপস্থিতি শনাক্ত করা গেলেও পরিমাণ নির্ণয় করা যায় না, তাকে ঐ পানির নমুনার ট্রেস মৌল বলা হয়ে থাকে। পানিতে বিদ্যমান ট্রেস মৌলগুলো হলো Pb, Cd, As ও Hg। এগুলো ছাড়াও Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, PO_4^{3-}, Cl^{-}, HCO_3^{-} ও SO_4^{2-} গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রাখে।

এ ধরনের মৌল সাধারণভাবে জীবের জন্য শুধু ক্ষতিকারকই নয় বরং বিষ হিসেবে পরিচিত। যদিও কোনো পানির নমুনায় ট্রেস মৌলসমূহের উপস্থিতি থাকে খুবই সামান্য।

ট্রেস মৌলের পানিতে উপস্থিতির পরিমাণের একটি ছক নিচে দেখানো হলো :

পানিতে বিদ্যমান ট্রেস মৌলের নাম	পরিমাণ
১. লেড (Pb)	0·1 mg L^{-1}
২. ক্যাডমিয়াম (Cd)	0·01 mg L^{-1}
৩. মারকারি (Hg)	0·001 mg L^{-1}
৪. আর্সেনিক (As)	0·05 mg L^{-1}

উচ্চ TDS মান সম্পন্ন পানি অধিক খর হয়। উচ্চ TDS মাত্রার কারণে পানির স্বাভাবিক স্বাদ বিনষ্ট হয়। জলজ প্রাণিদের জীবন ধারণের জন্য পানির TDS মান সীমিত থাকা প্রয়োজন। তবে WHO এর দিক নির্দেশনা অনুযায়ী পানির TDS মান 500 ppm এর অধিক হলে সে পানি পানের অযোগ্য। তবে আধুনিককালে সুক্ষ্ম কার্বন ফিল্টার, পানি ডিআয়নাইজেশন (Deionization), পুনঃপাতন ও বিপরীত অভিস্রাবণ প্রক্রিয়া প্রয়োগ করে পানিতে উপস্থিত TDS এর মান কমানো সম্ভব। উন্নত বিশ্বে পানিতে কোয়াগুলেটিং এজেন্ট যোগ করে পানির TDS মানকে নিয়ন্ত্রণ করা হয়।

পানিতে কিছু কিছু অজৈবযৌগ, জৈবযৌগ, আয়ন বা অতি সূক্ষ্ম কণা সামান্য পরিমাণে হলেও দ্রবীভূত থাকে। এসব উপাদান এমনই সূক্ষ্মমাত্রায় থাকে যে মাঝে মধ্যে এদের উপস্থিতি সনাক্ত করা গেলেও দ্রবীভূত উপাদানের সঠিক পরিমাণ নির্ণয় করা যায় না। সাধারণভাবে 2 μm (মাইক্রোমিটার) সূক্ষ্ম ছিদ্রের ফিল্টার দ্বারা দ্রবণ থেকে ছেঁকে এদেরকে পৃথক করা যায় না। পানিতে উপস্থিত এ জাতীয় অতি সূক্ষ্মকণার সমষ্টি হলো মোট দ্রবীভূত কঠিন উপাদান (TDS)। মিঠা পানির ক্ষেত্রেই শুধুমাত্র TDS আলোচনা করা হয়। বিভিন্ন নদীর পানি, ঝর্ণার পানি, নলকূপের পানির মানের ক্ষেত্রে TDS পরিমাণ করা অত্যাবশ্যক।

তথ্যের উৎস : J.K. Fawell, Water Research Centre, United Kingdom.

TDS এর অন্তর্ভুক্ত প্রধান রাসায়নিক উপাদানসমূহ হলো– Ca^{2+}, Na^{+}, Cu^{2+}, Cd^{2+}, Hg^{2+}, Ni^{2+}, Co^{3+}, Pb^{2+}, As^{3+} ইত্যাদির সালফাইটসমূহ দ্বারা স্বল্পমাত্রায় দ্রবীভূত লবণসমূহ। এসব আয়নের Cl^{-}, NO_3^{-}, PO_4^{3-}, Br^{-} ও I^{-} লবণসমূহ স্বল্পমাত্রায় দ্রবীভূত অথবা সূক্ষ্মকণারূপে সাসপেন্ডেড বা কোলায়ডাল সল্ট অবস্থায় পানিতে বর্তমান থাকে।

উল্লেখিত মৌলের আয়নগুলোর মধ্যে Pb^{2+}, Cd^{2+}, As^{3+} ও Hg^{2+} ট্রেস মৌলের আয়ন।

TDS এর প্রধান উৎস হচ্ছে বিভিন্ন শিল্পকারখানার বর্জ্য, পানিশোধন কারখানার বর্জ্য, কৃষিক্ষেত্রে ব্যবহৃত কীটনাশকের বর্জ্য, গৃহস্থালী বর্জ্য বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য। উচ্চমাত্রার TDS পানিতে দ্রবীভূত থাকলে পানি মারাত্মকভাবে দূষিত হয়। TDS পরিমাপের সহজপদ্ধতি হচ্ছে পরিবাহীতা পরিমাপণ মিটারের সাহায্যে পানির আপেক্ষিক পরিবাহীতা পরিমাপ করা যা পানিতে বিদ্যমান আয়নের উপস্থিতি নির্ধারণ করে। পরিবাহীতা মাপনযন্ত্রের পরিবাহীতাকে সরাসরি TDS এ রূপান্তরের সূত্র দেয়া থাকে। এই সূত্রের সাহায্যে সরাসরি পরিবাহীতা মিটার হতে পরিবাহীতা ও TDS এর মান পাওয়া যায়। তবে শিল্পবর্জ্য বা পৌর এলাকার ড্রেনের বর্জ্য পানিতে উচ্চমাত্রার TDS থাকে বিধায় এর পরিমাপ ভরমাত্রিকভাবে নির্ণয় করা হয়। উচ্চমাত্রায় TDS মানের জন্য পানির বেশি খর হয়। এরফলে পানির pH মানও পরিবর্তিত হয়। পানীয় জলের TDS মান যেমন 500 ppm এর মধ্যে থাকা উচিত ঠিক একইভাবে শিল্পে বাণিজ্যিকভাবে ব্যবহৃত পানির TDS মানও একটি নির্দিষ্ট সীমার মধ্যেই থাকা উচিত। এ সীমা কোন অবস্থাতে 1500 ppm এর উপরে নয়।

পানির TDS কমানোর উপায় :

১. **ফিল্টার :** বাজারে বিভিন্ন কোম্পানির ওয়াটার ফিল্টার পাওয়া যায়। এসব সূক্ষ্ম ও উন্নতমানের ফিল্টার ব্যবহার করে পানির TDS মান সম্পূর্ণভাবে দূর না করা গেলেও যথেষ্ট কমিয়ে আনা সম্ভব।

২. **পাতন :** পানিকে ডাবল ডিস্টেলেশন করে পানিতে দ্রবীভূত TDS এর পরিমাণ যথেষ্ট হ্রাস করা যায়। সাধারণ পাতন প্রক্রিয়ার সাহায্যেও পানিকে পাতিত করলে TDS মানের হ্রাস ঘটে।

৩. **আয়ন বিমুক্তকরণ (Deionization) :** পানিকে ডিআয়নাইজেশন প্রক্রিয়ার মাধ্যমে পানিতে দ্রবীভূত ভারী ধাতুর ক্যাটায়নসমূহ বিশেষ করে Pb^{2+}, Cd^{2+}, Hg^{2+}, As^{3+} ক্যাটায়নসমূহ এবং বিভিন্ন অ্যানায়ন যেমন Cl^-, CO_3^{2-} ও SO_3^{2-} যথেষ্ট পরিমাণে অপসারিত হয়। এ পদ্ধতিতে পানিকে ধনাত্মক ও ঋণাত্মক তড়িৎদ্বারে মধ্যে প্রবাহিত করা হয়। আয়ন নির্বাচনকারী পর্দা ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়নকে যথাক্রমে ঋণাত্মক তড়িৎদ্বার ও ধনাত্মক তড়িৎদ্বারে প্রবাহিত করে। ফলে পানি হতে দ্রবীভূত আয়নসমূহ অপসারিত হয়।

৪. **কার্বন ফিল্টার :** কার্বন ফিল্টারের সাহায্যে পানিকে ছাকন করলে TDS ও অন্যান্য বিষাক্ত উপাদানসমূহ অপসারিত হয়।

৫. **বিপরীত অভিস্রাবণ :** পানিকে উচ্চচাপ প্রয়োগ করে অর্ধভেদ্য পর্দার মধ্য দিয়ে চালনা করা হয়। পানি অর্ধভেদ্য পর্দা অতিক্রম করে চলে যায়। কিন্তু TDS উপাদানসমূহ পর্দার উপরীতলে আটকা পড়ে থাকে।

১.১৯ শিল্পবর্জ্য ও পানি দূষণ (Industrial Wastes & Water Pollution)

বায়ু, মাটি, পানি বা পরিবেশকে যেকোনভাবে নষ্ট বা দূষিত করে তোলা হলে তাকে বলা হয়ে থাকে দূষণ। শিল্প বিপ্লবের আগে মানুষ ও অন্যান্য প্রাণি সৃষ্ট বর্জ্য অন্যান্য জীবিত প্রাণিরাই ব্যবহার করে ফেলত। কিন্তু বর্তমান আধুনিককালের চিত্র একদম বদলে গেছে। আজকের আধুনিক সভ্যতায় মানুষ প্রতিদিন যে পরিমাণ বর্জ্য পদার্থ ভিন্নভাবে পৃথিবীর ভিন্ন প্রান্তে এমনকি পর্বত শীর্ষে, সাগরে, মেরু অঞ্চলে ছড়িয়ে চলছে তাকে সামাল দেওয়ার ক্ষমতা প্রকৃতির নেই। কোটি কোটি মোটর গাড়ি, শিল্পকারখানা অনবরত নির্গত করে চলেছে অস্বাভাবিক মাত্রায় দূষিত CO, CO_2, SO_2, NO_2, HCl ইত্যাদি বিষাক্ত গ্যাস। অস্বাভাবিক হারে রাসায়নিক বর্জ্যকে ফেলা হচ্ছে জলাশয়, নদী আর সাগরে। অপর্যাপ্ত কীটনাশক পদার্থ নষ্ট করে দিচ্ছে উদ্ভিদের সাথে মাটি, উপকারী কীট-পতঙ্গ আর ব্যাকটেরিয়াকেও। বর্তমানে দূষণের মাত্রা এক ভীতিকর অবস্থায় পৌঁছছে। এভাবে চলতে থাকলে পৃথিবীর অস্তিত্বই একদিন বিপন্ন হবে এতে কোনো সন্দেহ নেই।



চিত্র ১.১৯.১ : শিল্পবর্জ্য

পানি দূষণকারী নিয়ামকগুলোর মধ্যে শিল্পবর্জ্য অন্যতম। পরিবেশ অধিদপ্তরের গবেষণায় দেখা যায় বাংলাদেশে শতকরা 40 ভাগ পানি দূষণ হয়ে থাকে শিল্পবর্জ্য দ্বারা। প্রতিটি বৃহৎ, মাঝারি ও ক্ষুদ্র শিল্প ইউনিটগুলো নির্বিঘ্নে বর্জ্যপদার্থ ড্রেন দ্বারা পরিশোধন না করেই নদীর পানি বা অন্য কোনো জলাশয়ে ফেলে দিচ্ছে। রিপোর্টে দেখা যায় প্রতিদিন ঢাকায় 1150 টন, নারায়ণগঞ্জে 25 টন, চট্টগ্রামে 170 টন দানাদার ও তরল বর্জ্যপদার্থ বুড়িগঙ্গা, শীতলক্ষ্যা, কর্ণফুলী, হালদা ও বঙ্গোপসাগরে ফেলা হয়ে থাকে। এর ফলে মিঠা পানি প্রাপ্তির প্রাকৃতিক প্রধান উৎস দিন দিন দূষণ হয়ে বিষাক্ত হয়ে উঠছে। ইতোমধ্যেই বুড়িগঙ্গার পানি এমন বিষাক্ত হয়েছে যে সেখানে কোনো জলজ উদ্ভিদ বা জলজ প্রাণীর অস্তিত্বই নেই।

ঢাকা শহরের আশে পাশে গড়ে উঠা পানি দূষণকারী শিল্প ইউনিটগুলোর মধ্যে আছে, কাপড়ের কল, ডাইং মিল, চামড়া প্রক্রিয়াজাত শিল্প ইউনিট বা টেনারি, রাবার কারখানা, দিয়াশলাই ফ্যাক্টরি, কেমিক্যাল ফ্যাক্টরি, তেল মিল, খাদ্যসামগ্রী উৎপাদন কারখানা, বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি তৈরির কারখানা, ঔষধ শিল্প, কস্টিক সোডা প্লান্ট, রং শিল্পসহ আরো ছোট বড় অনেক শিল্প ইউনিট। এ শিল্পগুলোর অধিকাংশই বুড়িগঙ্গার তীরে অবস্থিত, আর কিছু কিছু নদী থেকে সামান্য দূরে হলেও উৎপন্ন বর্জ্য নিষ্কাশনের জন্য কোনো না কোনোভাবে নদীর সাথে সংযোগ আছেই। মোটকথা শিল্পবর্জ্যকে বুড়িগঙ্গার পানিতে ফেলতেই হবে। শুনলে আঁতকে উঠবে কিন্তু বাস্তব সত্য– প্রতিদিন 5000 – 6000 m^3 মারাত্মক দূষিত বর্জ্য মিশ্রিত পানি হাজারীবাগের চামড়ার কারখানা হতে বুড়িগঙ্গার পানিতে মিশে থাকে। চামড়ার ছেঁড়া টুকরা, লোম, কারখানায় ব্যবহৃত বিভিন্ন বিষাক্ত কেমিক্যাল এসব মিলিয়ে প্রায় 20,000 কেজি বর্জ্য সরাসরি বুড়িগঙ্গা নদীতে এসে পানির সাথে মিশে যায়। শুধুমাত্র টেনারির নিঃসৃত বিষাক্ত বর্জ্যের কারণেই বেশ কয়েক বছর আগে থেকেই বুড়িগঙ্গা মাছ শূন্য হয়েছে। বুড়িগঙ্গার পানিতে বর্তমানে 650 ppm মাত্রার পরিত্যক্ত বিষাক্ত কঠিন উপাদানের উপস্থিতি পাওয়া যায়। বিভিন্ন শিল্প বর্জ্যের কারণেই বুড়িগঙ্গার পানি এখন বাদামি ও কালো রঙের সিরাপের মতো তরল পদার্থ। একে পানি বললে ভুল হবে, আসলে এটি বিষাক্ত বর্জ্যের সিরাপ।

মার্কিন প্রভাবশালী ম্যাগাজিন টাইম সাময়িকী অক্টোবর 2013 সংখ্যায় বিশ্বের সবচেয়ে দূষিত ১০টি স্থানের তালিকা প্রকাশ করে। তালিকায় ঢাকার হাজারীবাগের অবস্থান ৫ম। ১ম স্থান ঘানার অ্যাগবোগরোশি, ২য় স্থান ইন্দোনেশিয়ার সিতারাম নদী, ৩য় ইউক্রেনের চেরনোবিল।

ঢাকা শহরের উত্তরমুখী হলেই টঙ্গীব্রিজ পার হতে হয়। এটি তুরাগ নদীর উপর। এ নদীকে নদী বললে ভুল করা হবে কারণ নদীতে পানি থাকে। এ নদীতেও পানি আছে– তবে পানিতে মিশে আছে বিভিন্ন ধরনের শিল্প ইউনিটের নিঃসৃত বর্জ্যের বিষাক্ত উপাদান। টঙ্গী ব্রিজের উপর ওঠার পূর্বেই পাওয়া যাবে দুর্গন্ধ। নাকে কাপড় এঁটে দিয়ে পারাপার হতে হয়।

গত দুই-তিন দশকে গার্মেন্টস শিল্পের ব্যাপক প্রসার ঘটেছে। এ শিল্পের প্রসারের ফলে গড়ে উঠেছে ডাইং শিল্প। ডাইং শিল্পে ব্যবহৃত বিভিন্ন রং, এসিড, ক্ষার ও অন্যান্য বিষাক্ত রাসায়নিক উপাদানের অব্যবহৃত অংশ এসে পানিতে মিশে যায়। নরসিংদী, গাজীপুর সাভারসহ অন্যান্য অঞ্চলে প্রতিষ্ঠিত ডাইং মিলের বর্জ্যের কারণে অত্র এলাকায় উন্মুক্ত মিঠা পানির সহজ প্রাপ্ততা খুবই দুরূহ। যদিও পানির অপর নাম জীবন কিন্তু বুড়িগঙ্গা, তুরাগ, বালু নদীর পানির অপর নাম মরণ!

ইতিমধ্যে বুড়িগঙ্গা, তুরাগ ও বালু নদী মৃত ও পরিত্যক্ত নদী হিসেবে সর্বসাধারণের গ্রহণযোগ্যতা লাভ করেছে। এ সব নদীর পানিতে মাছ তো দূরের কথা কোন জলজ প্রাণিও বাস করে না। পরিশোধনের সর্বাধুনিক প্রযুক্তি ব্যবহার করলেও এসব নদীর পানিকে পানের উপযুক্ত করে তোলা সম্ভব নয় বলে মেঘনা নদীর পানিকে এনে পরিশোধন করে ঢাকাবাসীর পানির চাহিদা মেটানো হয়। হায় শীতলক্ষা! তুমি কবে নাগাত মৃত ও পরিত্যক্ত নদীর রূপ লাভ করবে সেটার জন্যই অপেক্ষা!!

চট্টগ্রাম শহর এবং এর পার্শ্ববর্তী এলাকাতে প্রায় 75 টি ভারী শিল্প কারখানা প্রতিষ্ঠিত হয়েছে। এর মধ্যে 3 টি তেল শোধনাগার, 12 টি টেনারি, 4 টি ভোজ্য তেল কারখানা, 9 টি কাপড় কল, 3 টি রাবার ফ্যাক্টরি, 2 টি বড় সাবান ফ্যাক্টরি, 1 টি সিমেন্ট ফ্যাক্টরি, 3 টি রং ফ্যাক্টরি, 2 টি অ্যালুমিনিয়াম ফ্যাক্টরি, 1 টি ইস্পাত কারখানা বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য। চন্দ্রঘোনা পেপার মিল, কর্ণফুলি রেয়ন মিল, পতেঙ্গায় TSP ও ইউরিয়া সার কারখানা, বারবকুন্ডে কেমিক্যাল কমপ্লেক্সসহ গড়ে উঠেছে আরো অনেক অনেক শিল্প ইউনিট। উল্লিখিত শিল্প ইউনিটগুলোর বেশির ভাগই কর্ণফুলী নদীর তীরে অবস্থিত। এসব শিল্পের শিল্প বর্জ্যের শেষ ঠিকানা কর্ণফুলী নদীর পানি। চট্টগ্রামের ইস্টার্ন রিফাইনারি কর্ণফুলী নদীর তীরেই প্রতিষ্ঠিত। এ কারখানা হতে অশোধিত তেল নদীতে এসে পানির উপরিতলে একটা স্তরের সৃষ্টি করে। ফলে পানিকে শুধু দূষণ করে না, পানির স্বাভাবিক বাষ্পীভবনের রোধ, পানিতে অক্সিজেন দ্রবীভূত হতে বাধা সৃষ্টি এবং জলজ প্রাণী ও উদ্ভিদের শ্বাসপ্রশ্বাসে অসুবিধার সৃষ্টি করে এদের বিপন্ন করে তোলে। ইউরিয়া কারখানার নিঃসৃত তরল NH_3 ও তরল CH_4 কর্ণফুলী নদীর পানিতে এসে মিশে থাকে। ফসফেট সার কারখানা হতে বর্জ্য আকারে জিপসাম, ফসফরিক

এসিড,ধাতব ফসফেট এসে পানিতে মিশে। সিমেন্ট কারখানার উৎপন্ন বর্জ্য ক্লিংকারের গুঁড়া কর্ণফুলী নদীর পানিতে এসে পড়ে। কর্ণফুলী পেপার মিল ও রেয়ন কমপ্লেক্স হতে নিঃসৃত বর্জ্য যার পরিমাণ প্রতিদিনের হিসেবে 10–12 মিলিয়ন তরল বিষাক্ত বর্জ্য কর্ণফুলী নদীতে সরাসরি এসে পড়ে। লিভার ব্রাদার্স হতে নির্গত অব্যবহৃত শক্তিশালী ক্ষার, গ্লিসারিন, অ্যাক্রোলিন, বিভিন্ন জৈব এসিডসমূহ সরাসরি কর্ণফুলী নদীর পানিতে এসে পানি দূষণ ঘটায়। এখানে এসে দেখা যাবে কয়েক ইঞ্চি পুরু সাবানের ফেনা দ্বারা কর্ণফুলীর পানি ঢেকে আছে। চট্টগ্রামের টেনারি শিল্পের অবস্থা আরো ভয়াবহ। চট্টগ্রামের টেনারিগুলো ছড়ানো ছিটানো। এর বিষাক্ত বর্জ্যও পানির দূষণ ঘটায়।



চিত্র ১.১৯.২ : তরল শিল্পবর্জ্য

আমিন জুট মিল, সালেহ কার্পেট মিল, বাংলাদেশ অক্সিজেন কোম্পানি হতে রঙিন সিরাপের মতো তরল বর্জ্য কর্ণফুলী নদী ও চাক্তাই খালের পানিতে এসে পানির দূষণ ঘটায়। চট্টগ্রামের হালদা নদীর পানি একমাত্র প্রাকৃতিক মৎস্য প্রজনন ক্ষেত্র হিসেবে দক্ষিণ এশিয়ায় খ্যাতি রয়েছে। হাটহাজারী পিকিং বিদ্যুৎপ্লান্ট থেকে নির্গত বর্জ্য তেল ছড়াযোগে হালদা নদীতে পড়ায় প্রাকৃতিক এ মৎস্য প্রজনন ক্ষেত্রটি রীতিমতো হুমকির সম্মুখিন। নাজিরহাট বাজার এলাকায় শিল্প বর্জ্য ও অন্যান্য বর্জ্য ফেলার কারণে হালদার পানি প্রতিনিয়ত দূষিত হচ্ছে।

নারায়ণগঞ্জ হতে প্রতিদিন প্রায় 25 টন শিল্পবর্জ্য শীতলক্ষ্যায় এসে পড়ে। ঘোড়াশালের ইউরিয়া সার কারখানা হতে তরল NH_3 এবং তরল CH_4 ভৈরব নদীতে এসে পানিকে মারাত্মকভাবে দূষিত করে। খুলনার বেশির ভাগ শিল্প কারখানার বর্জ্য যার পরিমাণ প্রতিদিন প্রায় 10 টন তা পার্শ্ববর্তী রূপসা নদীতে এসে এ নদীর পানিকে দূষিত করে। যমুনা ইউরিয়া সার কারখানার বর্জ্য যমুনা নদীর পানির দূষণ ঘটায়। সিলেটের 'ছাতক মণ্ড ও কাগজ কল' ও ছাতক সিমেন্ট ফ্যাক্টরি হতে প্রচুর বর্জ্য সুরমা নদীর পানিকে দূষিত করে।

এসব কিন্তু শিল্প বর্জ্যের সামান্য খণ্ডচিত্র। পূর্ণচিত্র আরো ভয়াবহ। টেক্সটাইল, ডাইং, মশার কয়েল, অনেক কীটনাশক উৎপাদন কেন্দ্র, প্লাস্টিক রিসাইক্লিনিং, লবণ শিল্প, জাহাজ ভাঙা শিল্প, ঔষধ শিল্প, সিরামিক ও মেলামাইন শিল্পের বর্জ্য দূষণ মোটেই কম ক্ষতিকারক নয়। বরঞ্চ উল্লিখিত বিষয়গুলো অপেক্ষা কোনো কোনো ক্ষেত্রে আরো বেশি মারাত্মক। অপরিকল্পিত শিল্পায়ন পানি দূষণের জন্য সবচেয়ে বেশি দায়ী। প্রতিটি শিল্প ইউনিটে একটি করে ওয়াটার ট্রিটমেন্ট প্লান্ট স্থাপন করা অত্যন্ত প্রয়োজন। শিল্প প্রতিষ্ঠার ক্ষেত্রে চাই সুষ্ঠু নীতিমালা এবং পরিবেশ অধিদপ্তরের আইনের কঠোর প্রয়োগ।

শিল্প উদ্যোক্তা ও শিল্পপতিদের আন্তরিকভাবেই বিশ্বাস করতে হবে এবং মেনে নিতে হবে যে, প্রতিটি শিল্পই সর্বতোভাবেই প্রকৃতি বান্ধব ও মানবকল্যাণমুখী হওয়া উচিত। প্রকৃতি ও মানব সভ্যতাকে ধ্বংস করে কখনই শিল্পের প্রসার ঘটানো তথা অর্থোপার্জন কোনোভাবেই কাম্য নয়।

মনে রাখবে : গ্রিন কেমিস্ট্রির জন্য আনন্দের সংবাদ হলো, সারা পৃথিবী জুড়ে পরিবেশ বান্ধব সবুজ শিল্পায়নের উপর জোড় গুরুত্বারোপ। টেকসই নগরায়নের ক্ষেত্রে পরিবেশ বান্ধব সবুজ শিল্পায়নের ধারা জোড়দারে বিশ্ব সম্প্রদায় ঐক্যবদ্ধ ভূমিকা পালনে একমত হয়েছে। বিগত **28-6-2016** তারিখে দক্ষিণ কোরিয়ার উলসান শহরে "টেকসই শহরের জন্য সবুজ শিল্প" শীর্ষক আন্তর্জাতিক সেমিনার অনুষ্ঠিত হয়। 2050 সাল নাগাদ বিশ্বের শতকরা প্রায় ৬৫ – ৭০ ভাগ লোক নগরে বসবাস করবে। এ বিশাল জনগোষ্ঠীর জন্য পরিবেশ বান্ধব শিল্পপণ্যের চাহিদা মেটাতে বিভিন্ন দেশের মধ্যে সবুজ প্রযুক্তি স্থানান্তরের নীতিগত সিদ্ধান্ত হয়। বিশ্বের প্রতিটি দেশকে শিল্প বর্জ্যকে যথাসম্ভব সর্বনিম্ন পর্যায়ে নামিয়ে আনার ক্ষেত্রে প্রয়োজনীয় পদক্ষেপ নেওয়ার ক্ষেত্রে গুরুত্বারোপ করা হয়। শিল্পবর্জ্যের প্রভাবে পরিবেশগত ও জলবায়ুর পরিবর্তনের তৈরি প্রভাবের উপর দীর্ঘ আলোচনা অনুষ্ঠিত হয়।

১.২০ পানি দূষণের কারণ অনুসন্ধান ও প্রতিকার (Causes of Water Pollution & its Prevention)

১.২০.১ পানি দূষণের কারণ (Causes of Water Pollution)

তোমরা সকলেই জান, পানির অপর নাম জীবন। পানি আমাদের শরীরের শুধু পানির অভাব পূরণ করে না বরং অন্যান্য আয়নিক উপাদানসমূহকে সরবরাহ করে শরীরের আয়নিক সাম্য বজায় রাখতে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রাখে। বিশুদ্ধ পানির pH মান 7 হলেও পানীয় জলের pH মান 6.5 থেকে 8.5 হওয়া উচিত। এ পানিতে যদি অপ্রয়োজনীয় বিষাক্ত উপাদান বা ক্ষতিকর অণুজীব মিশে যায় তবে তাকে পানি দূষণ বলে। অতি প্রয়োজনীয় উপাদানও যদি পানিতে সহনীয় মাত্রার চেয়ে বেশি পরিমাণ দ্রবীভূত থাকে তবে তাকেও আমরা দূষক পদার্থ বলব। যেমন Ca একটি প্রয়োজনীয় উপাদান কিন্তু পানিতে যদি এর মাত্রা 200 ppm এর অধিক হয় তবে এটি দূষক পদার্থ হিসেবে চিহ্নিত হয়। পানি দূষণের বিভিন্ন কারণ অনুসন্ধান করলে দেখা যায় শিল্প কারখানা, গৃহস্থালি, তৈল নিঃসরণ, কীটনাশক, মানুষ ও অন্যান্য প্রাণীর মলমূত্র, কৃষিক্ষেত্র, জাহাজ ভাঙা, যানবাহন, নাগরিক অসচেতনতা বিশেষভাবে দায়ী। এছাড়া ভাইরাস, ব্যাকটেরিয়া, ছত্রাক প্রভৃতি অণুজীবের জীবনচক্রের উৎকৃষ্ট স্থান হলো পানি। ক্ষতিকর অণুজীবসমূহ পানিতে মিশে পানিকে দূষিত করে থাকে। পৃথিবীর মোট রোগের 80 শতাংশ হয় দূষিত পানি থেকে।

অনুসন্ধানের ফলাফলে দেখা গিয়েছে মানুষ সৃষ্ট ও প্রাকৃতিক বিভিন্ন উৎস হতে পানি দূষণ ঘটে থাকে। এ বিষয়ে আলোচনা করা যাক।

(১) শিল্পজাত বর্জ্য : বাংলাদেশ একটি উন্নয়নশীল দেশ। পৃথিবীর এরূপ উন্নয়নশীল দেশসমূহ শিল্পের প্রসার না ঘটলেও শিল্পকারখানা হতে নির্গত বিষাক্ত বর্জ্য পূর্ব শোধনের সীমিত ও দুর্বল ব্যবহারের কারণে পানিকে মারাত্মকভাবে দূষণ করে। বিশেষ করে অ্যামোনিয়া উৎপাদনকারী ও ব্যবহারকারী কারখানাগুলো থেকে বর্জ্য পদার্থ হিসেবে প্রচুর পরিমাণ এসিড ও ক্ষার নদী-নালা বা জলাশয়ে সরাসরি ফেলে দেওয়া হয়। চামড়া ও কাগজ শিল্পে প্রচুর পরিমাণে এসিড ও ক্ষার ব্যবহার করা হয়। এ এসিড ও ক্ষারের অতিরিক্ত পরিমাণ পানিতে মিশে পানিকে দূষণ করে। ডায়িং শিল্পের ব্যবহৃত রাসায়নিক উপাদানের বর্জ্য পানিতে মিশে গিয়ে শুধু পানিই দূষণ করে না মারাত্মক জীববৈচিত্র্যের ক্ষতি করে। এ প্রভাবে জলজ উদ্ভিদ, মাছ ও অন্যান্য জলজ প্রাণীদের জীবন সম্পূর্ণ বিপন্ন হয়। গত দুই তিন দশকে দেশের বিভিন্ন স্থানে বিশেষ করে নরসিংদী, গাজীপুর, সাভারে গড়ে ওঠা ডায়িং শিল্পের বর্জ্য যে কীভাবে পানি দূষণ করছে তা না দেখলে বুঝার উপায় নাই। এ শিল্প বর্জ্যের পানি দূষণের ফলে অত্র এলাকার উন্মুক্ত মিঠা পানির সহজ প্রাপ্ততা দুর্লভ। দেখা যায় অধিকাংশ বৃহৎ ও মাঝারি শিল্পকারখানা নদী বা সমুদ্রের তীরে গড়ে ওঠে। এসব শিল্প হতে নির্গত বর্জ্যের মধ্যে Hg, Pb, Cd, As, Cr সহ আরো অনেক মারাত্মক ক্ষতিকর ধাতু ছাড়াও পেন্টা-ক্লোরোফিনেট, মিথাইল মারক্যাপটান, তীব্র বিজারক সালফাইডসহ বিভিন্ন জৈব বর্জ্য নির্গত হয় যা পানি DO হ্রাস BOD বৃদ্ধিসহ বিভিন্নভাবে পানিকে দূষিত করে (চিত্র ১.২০.১)।



চিত্র ১.২০.১ : শিল্পজাত বর্জ্য দ্বারা পানি দূষণ

অনুসন্ধানমূলক প্রতিবেদন :

27-08-2016 তারিখের অনুসন্ধানমূলক প্রতিবেদনের তথ্য থেকে জানা যায় বিসিআইসির ১৪টি কারখানায় ১০টিতে দূষণ নিয়ন্ত্রণের কোনো ব্যবস্থা নেই। সাতটিতে নেই কোনো বর্জ্য পরিশোধনাগার (ইটিপি)। পাঁচটি কারখানার কোনো পরিবেশ ছাড়পত্রই নেই। চট্টগ্রামের কর্ণফুলী পেপার মিলস লিমিটেড (কেপিএম) দিনে মাত্র ছয় ঘণ্টা চালু থাকলে ৭,৬০০ ঘনমিটার তরল বর্জ্য উৎপন্ন হয়। অপরিশোধিত অবস্থায় এ বর্জ্য সরাসরি কর্ণফুলী নদীতে গিয়ে মেশে। কর্ণফুলী নদীর উজানে রাঙামাটির চন্দ্রঘোণা এলাকায়

১৯৫৩ সালে মিলটি প্রতিষ্ঠা করা হয়। এটি বাংলাদেশ কেমিক্যাল ইন্ডাস্ট্রিজ করপোরেশনের একটি প্রতিষ্ঠান। কারখানাটিতে এখনও ইটিপি স্থাপন করা হয়নি। মিল থেকে তিনটি পথে দূষিত তরল বর্জ্য নদীতে এসে মেশে। ঝাঁজালো গন্ধ যুক্ত এসব বর্জ্য সাদা ফেনা আকারে নদীর প্রায় এক কিলোমিটার এলাকায় ছড়িয়ে পড়ে।

নরসিংদী জেলার পলাশ উপজেলায় প্রতিষ্ঠিত দুটি সার কারখানা। দুটি কারখানার কোনোটিতেই নেই বর্জ্য পরিশোধন ও দূষণ নিয়ন্ত্রণ ব্যবস্থা। কারখানা দুটি থেকে সরাসরি দূষিত অ্যামোনিয়া গ্যাস ও অন্যান্য দূষিত বর্জ্য এলাকার খালবিলে ফেলা হয়। এলাকার জীববৈচিত্র্য ধ্বংস হয়েছে অনেক আগেই। এটি শুধু পলাশের চিত্র। শিল্প মন্ত্রণালয়ের আওতাধীন বিসিআইসির ১৪টি শিল্প কারখানার মধ্যে ১০টিতেই নেই দূষণ নিয়ন্ত্রণের কোনো ব্যবস্থা।

পরিবেশ সংরক্ষণ আইন ও বিধিমালা অনুযায়ী মারাত্মকভাবে দূষণ সৃষ্টিকারী শিল্পকারখানাগুলো স্থাপনের ক্ষেত্রে প্রথমে অবস্থানগত ছাড়পত্র। তারপর পরিবেশগত প্রভাব সমীক্ষা করে অনুমোদন নিতে হয়। প্রস্তাবিত কারখানাতে দূষণ নিয়ন্ত্রণের জন্য বর্জ্য পরিশোধনাগার (ইটিপি) স্থাপনের বিষয়টি নিশ্চিত করতে হয়। কারখানার দূর্ঘটনাসহ অন্যান্য কারণে পরিবেশগত বিপর্যয় দেখা দিলে তা নিয়ন্ত্রণের ক্ষেত্রে কী ব্যবস্থা আছে তাও পরিবেশ অধিদপ্তরকে জানাতে হয়। এ সবকিছু নিশ্চিত হয়ে পরিবেশ অধিদপ্তর ইআইও অনুমোদন দেয়। আর কারখানা স্থাপনের পর শর্ত অনুযায়ী সবকিছু নির্মিত হয়েছে, এটা নিশ্চিত হতে পারলে তবেই মিলে পরিবেশ ছাড়পত্র। এসব শর্ত না থাকলে পরিবেশ সংরক্ষণ আইন অনুযায়ী পরিবেশ অধিদপ্তর কারখানার মালিককে গ্রেপ্তার, জরিমানা ও জেল দিতে পারে।

(২) ই-বর্জ্য : বিষাক্ত ই-বর্জ্যের ভাগার হচ্ছে দরিদ্র দেশগুলো। বিশ্বে এখন কারিগরি ও প্রযুক্তিগত উন্নয়ন যে গতিতে হচ্ছে সে অনুপাতে বাড়ছে ই-বর্জ্য। নতুন প্রযুক্তিগুলো দ্রুত চলে আসায় আগের ইলেকট্রনিক সামগ্রিগুলো ফেলে দেওয়া হচ্ছে। বিশেষ করে টেলিভিশন, ল্যাপটপ, কম্পিউটার, মোবাইল ফোন, ফ্রিজ, শিশুদের খেলনা, ডিজিটাল ক্যামেরা এসবের ক্ষেত্রে খুব অল্প সময়ের মধ্যে পরিবর্তনগুলো আসছে। এসব পণ্যের ব্যবহারিক জীবনকাল সংক্ষিপ্ত হতে শুরু করছে।



চিত্র ১.২০.২ : ই-বর্জ্য

ইলেকট্রনিক্স পণ্য সামগ্রী বর্তমানে নিত্যপ্রয়োজনীয় দ্রব্যের রূপ নিয়েছে। ইলেকট্রনিক্স পণ্য সামগ্রী ছাড়া জীবনই যেন অসম্পূর্ণ। সময়, শ্রম ও অর্থ বাঁচাতে আর যুগের সাথে তাল মেলাতে প্রয়োজনের তাগিদেই মানুষ ইলেকট্রনিক্স পণ্যের প্রতি নির্ভরতা প্রতিনিয়ত বাড়িয়ে দিচ্ছে। কম্পিউটার, সেলফোন, টেলিভিশন, এয়ারকন্ডিশনার, রেফ্রিজারেটর, সোলার এনার্জির ব্যাটারি, ফটোকপিয়ার, ওয়াশিং মেশিন, ডিভিডি প্লেয়ার, টিউব লাইট, এনার্জি সেভিং বাল্বসহ আরও হরেক রকমের হাজারো দ্রব্য সামগ্রী দৈনন্দিন জীবনে গুরুত্বপূর্ণ হলেও বেশিরভাগ ব্যবহারকারীই জানেন না এর সেবার আয়ুষ্কাল শেষ হওয়ার পর অতি শখের এ পণ্যটির বর্জ্যই তার জন্য আত্মঘাতী হয়ে ওঠে। এ অব্যবহারযোগ্য ইলেকট্রনিক্সে থাকে সীসা (Pb), ক্যাডমিয়াম (Cd), ক্রোমিয়াম (Cr), নিকেল (Ni), পারদ (Hg), আর্সেনিক (As) এর মতো বিষাক্ত ভারী ধাতু। এ ইলেকট্রনিক্সের ধ্বংসাবশেষ থেকেই বিষক্রিয়া ছড়িয়ে পড়ে ব্যাপকভাবে (চিত্র ১.২০.২)।

গবেষণা সূত্রে জানা গেল, বাংলাদেশে প্রতিদিন প্রায় ৫শ' টন ই-বর্জ্য তৈরি হচ্ছে। পরিবেশের জন্য ক্ষতিকারক এসব প্রাণঘাতী ই-বর্জ্যের ঠিকমতো ধ্বংস, রক্ষণাবেক্ষণ, ব্যবস্থাপনা ও রিসাইক্লিনিং এর ব্যবস্থাপনার জন্য দেশে কোনো পরিকাঠামো আইন নেই। বেসরকারি গবেষণা প্রতিষ্ঠান এনভায়রনমেন্ট এ্যান্ড সোশ্যাল ডেভেলপমেন্ট অর্গানাইজেশন (ই, এস, ডি, ও) এর তথ্য থেকে দেখা যায় শুধু সেলফোন থেকেই বছরে ১ হাজার টন বিষাক্ত-ই-বর্জ্য তৈরি হচ্ছে। আর টেলিভিশন থেকে ১ লাখ ৭০ হাজার টন এবং জাহাজ ভাঙার শিল্প থেকে ২ লাখ ৫০ হাজার টন ই-বর্জ্য তৈরি হচ্ছে। বাংলাদেশ ইলেক্ট্রিক্যাল মার্চেন্ডাইস ম্যানুফ্যাকচারার্স এ্যাসোসিয়েশনের (বি. ই. এম. এম. এ.) সূত্র মতে, প্রতিবছর

বাংলাদেশে ৩২ কোটি টন ইলেকট্রনিক্স পণ্য ব্যবহৃত হয়। এসব পণ্যের মাত্র শতকরা ৩০ ভাগ পুনঃ ব্যবহার (রিসাইকেল) উপযোগী করা হয়, বাকিটা ফেলে দেওয়া হয় যে কোনো ডাম্পিং স্টেশনে। পুনর্ব্যবহার প্রক্রিয়ার সাথে জড়িত বিশেষ করে বর্জ্য সংগ্রহ এ ব্যবস্থাপনায় জড়িত লোকজন ও শিশু শ্রমিকেরা না জেনেই ই-বর্জ্যের বিষক্রিয়ায় এর সর্বোচ্চ ক্ষতির শিকার হচ্ছে। এসব বর্জ্য বিভিন্ন কঠিন, দুরারোগ্য রোগ যেমন ক্যান্সার, কিডনির সমস্যা, উচ্চ রক্তচাপ, থাইরয়েড, হরমোনের সমস্যা, নবজাতকের বিকলাঙ্গতা, প্রতিবন্ধিত্ব, মস্তিষ্ক ও রক্তনালির বিভিন্ন রোগের জন্য দায়ী বলে মনে করছেন চিকিৎসক বিশেষজ্ঞরা।

অনুসন্ধানে দেখা গেছে, দেশে বর্তমানে ই-বর্জ্য ধ্বংসের কোনো সরকারি ব্যবস্থাপনা বা পরিকাঠামো নেই। আবার উৎপাদক সংস্থাও এসব বর্জ্য ধ্বংসের কোনো দায়-দায়িত্ব নেয় না। বাংলাদেশে ই-বর্জ্যের যথাযথ ব্যবস্থাপনা নিশ্চিত করা না গেলে এসব ই-বর্জ্য জনস্বাস্থ্য ও পরিবেশের জন্য মারাত্মক হুমকি হয়ে দাঁড়াবে। প্রতিবছর ই-বর্জ্যের উৎপন্নের হার বেড়ে চলেছে ৫ শতাংশ হারে। আর প্রযুক্তিপণ্যের ব্যবহারের মেয়াদ কমে এখন ৬ বছর থেকে নেমে এসেছে ২ বছরের কোনো কোনো ক্ষেত্রে ১ বছর বা ৬ মাসেরও কম সময় অর্থাৎ গড়ে প্রতি ২ বছর পর পর মানুষ তার কম্পিউটার বা মোবাইল ফোন পরিবর্তন করছে। দেশের মানুষের জীবনযাত্রার মান বাড়ার কারণে মানুষের ক্রয়ক্ষমতা বেড়েছে। এ সুযোগে বিদেশি নিম্নমানের প্রায় মেয়াদউত্তীর্ণ বিভিন্ন ই-পণ্য সামগ্রী আমদানি হচ্ছে দেদারছে। ফলে গত ১০ বছরের ই-বর্জ্য জনস্বাস্থ্য ও প্রবিবেশ সঙ্কটে নতুন মাত্রা যোগ করেছে। পরিবেশ ধ্বংসকারী ও নানা কঠিন রোগের উপসর্গ সৃষ্টিকারী এসব ইলেকট্রনিক্স বর্জ্যের জন্য প্রতিটি শহর কেন্দ্রিক ই-বর্জ্যের জন্য আলাদা ভাগাড় করা অতি জরুরি। অস্ট্রেলিয়া, রাশিয়া ও চীনে ই-বর্জ্য ব্যবহারের পর মাটিতে পুঁতে ফেলে দেওয়া হয়। জার্মানি, যুক্তরাজ্য ও ব্রাজিলে বিশেষ ব্যবস্থায় পুড়িয়ে ফেলা হয়। কিন্তু বাংলাদেশে এর কোনটিই করা হয় না।

এসব ই-বর্জ্য সম্পর্কে সরকার এখনি সঠিক ও সুষ্ঠু নীতিমালা প্রণয়নের মাধ্যমে রক্ষণাবেক্ষণের ব্যবস্থা না নিলে অদূর ভবিষ্যতে এর ফল ভয়াবহ দুর্যোগ হিসেবে দেখা দিবে এতে কোনই সন্দেহ নেই। পাশাপাশি ই-বর্জ্য– দ্রব্যের ব্যবহারকারীদেরও এর সঠিক ব্যবহার ও কুফল সম্পর্কে সচেতনতা গড়ে তুলতে হবে।

ই-বর্জ্যের ক্ষতিকর দিক পর্যালোচনা করে দেখার জন্য গঠন করা হয়েছে জাতিসংঘের স্টেপ ইনিশিয়েটিভ সংস্থা। সংস্থাটির হিসাব মতে, 2012 সালে সারাবিশ্বে 50 মিলিয়ন টন ই-বর্জ্য নিক্ষিপ্ত হয়েছে। এর মধ্যে যুক্তরাষ্ট্র 10 মিলিয়ন টন, যার পরিমাণ মাথাপিছু 29.5 kg; চীনের 11.1 মিলিয়ন টন, মাথাপিছু প্রায় 5 kg জার্মানি 7.5 মিলিয়ন টন, মাথাপিছু 37.5 kg। এর অর্থ পৃথিবীতে বসবাসকারী প্রত্যেকে মাথাপিছু 7 kg করে এ বর্জ্য ফেলছে। স্টেপের প্রতিবেদন অনুযায়ী বর্তমানে বিশ্ব যাবতীয় বর্জ্যের মধ্যে ই-বর্জ্যে পরিমাণ সবচেয়ে বেশি।

ব্রিটিশ দৈনিক গার্ডিয়ান অনলাইন এ **14-12-2013** ইং তারিখে প্রকাশিত প্রতিবেদন থেকে জানা যায়, ইলেকট্রনিক পণ্য সামগ্রীতে প্রচুর পরিমাণ বিষাক্ত উপাদান যেমন Pb, Hg, Cd, As, Cr এবং বিভিন্ন দাহ্য উপকরণ বর্তমান। উদাহরণস্বরূপ বলা যায়, পুরনো মডেলের একটি সিআরটি টিভি মনিটরে 3 kg পর্যন্ত Pb থাকতে পারে। এসব বর্জ্য দিয়ে গর্ত বা নিচু জায়গা ভরাট করা হলে অথবা মাটিতে ফেলে দিলে বিষাক্ত উপাদানগুলো খুব সহজে মাটি ও পানিতে ছড়িয়ে পড়ে এবং পরিবেশকে মারাত্মকভাবে দূষিত করে। স্টেপের সমীক্ষা অনুযায়ী আগামী এক দশকে বছরে বিশ্বব্যাপী ই-বর্জ্যের পরিমাণ 33 শতাংশ হারে বৃদ্ধি পাবে। এটি খুবই উদ্বেগের বিষয়।

২০১২ সালের শুরুতে আমাদের মহান জাতীয় সংসদে ইলেকট্রনিক্স বর্জ্য নিয়ে ডিসপোজাল ম্যানেজমেন্ট রুল নামে একটি আইন ভোটিং শেষে পরিবেশ অধিদপ্তর থেকে আইন মন্ত্রণালয়ে পাঠানো হয়। কিন্তু দুঃখের বিষয় আইন মন্ত্রণালয়ের ভিন্নমতের কারণে তা আলোর মুখ দেখেনি।

বেশিরভাগ ক্ষেত্রেই দেখা যায় ই-বর্জ্যের পুনর্ব্যবহার বা রিসাইক্লিং না করে এসব পণ্য সামগ্রী অন্য কোন দেশে পাঠানো হয় ভিন্ন লেবেল বা মোড়ক ব্যবহার করে। এশিয়া ও আফ্রিকার দরিদ্র দেশগুলো সাধারণত এসব পণ্যের গন্তব্য হয়ে থাকে। এ কারণে ভয়াবহ পরিবেশগত ঝুঁকির মুখে উন্নয়নশীল দেশগুলো।

(৩) গৃহস্থালির বর্জ্য : গৃহস্থালির উৎপন্ন কঠিন ও তরল উভয় প্রকারের বর্জ্য দ্বারা পানির দূষণ ঘটে থাকে। মলমূত্র ত্যাগের ফলে তা ভূ-গর্ভস্থ পাইপ লাইন দিয়ে কঠিন ও তরল বর্জ্য হিসেবে পানির সাথে মিশে পানিকে দূষিত করে। পৌর এলাকার নালা-নর্দমা পানি, হাসপাতালের বর্জ্য, রান্নাঘরের ধৌত পানি, পরিধেয় কাপড় পরিষ্কারের পানি, অন্যান্য প্রাণীর মলমূত্র সরাসরি নদীতে গিয়ে মিশে। পৌরসভা কর্তৃক সংগৃহীত কঠিন বর্জ্য আবর্জনা ধূয়ে এ বর্জ্যের বড় একটা অংশ সরাসরি জলাশয়ে গিয়ে মিশে পানির দূষণ ঘটায় (চিত্র ১.২০.৩)। পরিধেয় জামা-কাপড় পরিষ্কারের সময় ব্যবহৃত সাবান ও ডিটারজেন্ট হতে ফসফেট নামক রাসায়নিক উপাদানটি পানিতে দ্রবীভূত হয়ে সবচেয়ে বেশি পানির দূষণ ঘটায়। ডিটারজেন্ট এর মধ্যে প্রধান দূষক হিসেবে পৃষ্ঠতল সক্রিয় পদার্থ, যেমন অ্যালকাইল বেনজিন সানফোনেট এবং বিল্ডার বা ফিলার যেমন সোডিয়াম ট্রাইপলি ফসফেট বর্তমান থাকে। পৃষ্ঠতল সক্রিয় পদার্থ পানির পৃষ্ঠটান হ্রাস করে এবং পানির ইমালশন ও ফেনার সৃষ্টি করে। যে কারণে পানি, বায়ু ও সূর্যালোক থেকে বিচ্ছিন্ন হয়ে যায়। পানিতে দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণের মারাত্মক হ্রাস ঘটে। জলজ উদ্ভিদ কম সূর্যালোক পাওয়ায় সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়া ব্যাহত হয়। ফলে O_2 উৎপাদনের হার মারাত্মকভাবে কমে যায়। পানিতে DO এর পরিমাণ কমে যায়।



চিত্র ১.২০.৩ : গৃহস্থালির বর্জ্য

অপর উপাদান বিল্ডার বা ফিলার হিসেবে ফসফেট যৌগের ফসফেট আয়ন, PO_4^{3-} পানিতে উপস্থিত Ca^{2+} ও Mg^{2+} আয়নের সাথে যুক্ত হয়ে দ্রবণীয় লবণ উৎপন্ন করে। এ লবণ জলজ উদ্ভিদ তথা শ্যাওলার পুষ্টিকর খাদ্য উপাদান, জলজ উদ্ভিদের বংশ বিস্তার ঘটে, শ্বসন ঘটায় এবং পানিতে O_2 এর পরিমাণের হ্রাস ঘটে। যে পদ্ধতিতে কোনো জলাশয়ের রাসায়নিক পদার্থ বিশেষ করে ফসফেট দ্রবীভূত হওয়ার ফলে জলজ উদ্ভিদের বংশবৃদ্ধি ঘটে এবং পানিতে O_2 এর ঘাটতি দেখা দেয় তাকে ইউট্রোফিকেশন বলে।

গৃহস্থালির বর্জ্যের একটা বড় অংশ জৈব পদার্থ। বর্জ্যের এ জৈব যৌগগুলো পানিতে দ্রবীভূত অক্সিজেন (DO) এর উপস্থিতির বিভিন্ন জীবাণু দ্বারা বিয়োজিত হয়। একে জৈব বিয়োজন (Biodegradation) প্রক্রিয়া বলা হয়ে থাকে। এ প্রক্রিয়ায় C, H, N, P প্রভৃতি মৌল জারিত হয়ে প্রথমে অক্সাইড যৌগ এবং পরে তা লবণে পরিণত হয়। এ বিয়োজনে পানিতে দ্রবীভূত অক্সিজেনের মারাত্মকভাবে হ্রাস ঘটে।

বিভিন্ন ক্লিনিক, ডাক্তারখানা, হাসপাতাল ও গৃহস্থালির বর্জ্যের সাথে অনেক রোগজীবাণু বাহিত হয়ে জলাশয়ে গিয়ে মিশে পানির দূষণ ঘটে। এ পানি ব্যবহারের ফলে কলেরা, আমাশয়, টাইফয়েড, জণ্ডিস, হেপাটাইটিস ইত্যাদি রোগের সংক্রমণ ঘটে।

(৪) কৃষিক্ষেত্র : কৃষি জমিতে অধিক ফসলের উৎপাদন ও ফসলের সংরক্ষণের জন্য বিভিন্ন রাসায়নিক সার ও কীটনাশক ব্যবহার করা হয়। বেশির ভাগ ক্ষেত্রেই এসব সার ও কীটনাশক উপযুক্ত সময় ও সঠিক মাত্রায় প্রয়োগ করা হয় না। বৃষ্টি, সেচ বা অন্য কারণে জমিতে প্রয়োগকৃত এসব ক্ষতিকর রাসায়নিক উপাদান ধুয়ে নদী বা অন্যান্য জলাশয়ে মিশে গিয়ে পানির দূষণ ঘটায়। বিশেষ করে ইউরিয়া পানিতে মিশে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে NH_3 ও CO_2 উৎপন্ন করে।

$$NH_2–CO–NH_2 + H_2O \longrightarrow 2NH_3 + CO_2$$

উৎপন্ন NH_3 মাটির নাইট্রোসোমোনাস ব্যাকটেরিয়া দ্বারা জারিত হয়ে HNO_3 এ পরিবর্তিত হয়। যা কিনা পরে দ্রবণীয় নাইট্রেট লবণে পরিণত হয়। উদ্ভিদ সহজেই এ নাইট্রেট লবণকে শোষণ করে। কিন্তু অতিরিক্ত পরিমাণ ইউরিয়া সার ব্যবহারের ফলে পানিতে অব্যবহৃত নাইট্রেট মূলক থেকে যায়। পানির বিশুদ্ধকরণ প্রক্রিয়ায় নাইট্রেট মূলককে কোনোভাবেই অপসারণ করা সম্ভবপর নয় বলে পানির মধ্যে নাইট্রেট মূলক উপস্থিত থেকে যায়। ফলে পানির দূষণ ঘটে।

(৫) তেল দূষণ : বর্তমানে সারা পৃথিবীতে প্রতি বছর প্রায় 25 বিলিয়ন ব্যারেল জ্বালানি তেলের ব্যবহার হয়ে থাকে। এ পরিমাণের একটি অংশ বিভিন্ন কারণে পানিতে মিশে যায়। বিভিন্ন দুর্ঘটনার কারণেও অপরিশোষিত ও পরিশোষিত তেল পানিতে এসে মিশে। প্রতি বছর প্রায় 10 মিলিয়ন মেট্রিক টন পেট্রোলিয়াম জাতীয় উপাদান পানিতে মিশে পানির দূষণ ঘটায়।

09-12-2014 ইং তারিখে ভোর ৫ টা ১০ মিনিটে সুন্দরবনের শ্যালা নদীতে ৩ লাখ ৫৭ হাজার ৬৬৪ লিটার ফার্নেস ওয়েল বাহনকারী ট্যাঙ্কার সাউদার্ন স্টার ৭কে ধাক্কা মারে কার্গো জাহাজ এমভি টোটাল। ধাক্কা খেয়ে তেলবাহী ট্যাঙ্কারের এক পাশ ফেটে যায় এবং শ্যালা নদীতে ডুবে তেল ছড়িয়ে পড়ে, সুন্দরবনের ৫০০ বর্গ কিলোমিটারের অধিক এলাকা জুড়ে। ছড়িয়ে পড়া তেলের প্রভাবে পৃথিবীর সর্ববৃহৎ ম্যানগ্রোভ, সুন্দরবনের জীববৈচিত্র্য ও জলপ্রাণীর মারাত্মক ক্ষতি হয়। নেতিবাচক প্রভাব ফেলে দীর্ঘমেয়াদি জীববৈচিত্র্যের ওপর। বিভিন্ন নদী, ঘাস ও সুন্দরবনের অভ্যন্তরের পানির ভয়াবহ দূষণ ঘটে। নদীর পানির ভেতর মাছের ডিম, রেণু পোনা, কাঁকড়া শামুকসহ বিভিন্ন জলজপ্রাণী ধ্বংস হয়ে যায়। পানির ভেতরের পরিবর্তনের ফলে বানর পশু-পাখী ও গাছপালার ওপর এর দীর্ঘমেয়াদি নেতিবাচক প্রভাব পড়েছে। বিশেষকরে পাখিদের উপর "হাইপোকারমিয়া" প্রভাব খুবই মারাত্মক। এর প্রভাব গিয়ে পড়ে খাদ্যচক্রে। ফলে এসবের উপর নির্ভরশীল কুমির, ডলফিন, শূকর, হরিণসহ গোটা জীববৈচিত্র্যের ব্যাপক পরিবর্তন ঘটবে বলে বিশেষজ্ঞদের অভিমত।

শুধু এবারই নয়, ১৯৯৪ সালে এমভি পাবলিনা নামের একটি বিদেশি তেলবাহী জাহাজ মংলা বন্দরের অদূরে পশুর নদীর বানিশান্তা এলাকায় ১৯৩ টন তেল নিয়ে ডুবে যায়। তখনও পানি দূষণের কারণে বিপর্যয়ের মুখে পড়ে সুন্দরবনের জীববৈচিত্র্য।

22-12-2014 ইং তারিখে জাতিসংঘের পরিদর্শক টিমের প্রধান এমিলিয়া ওয়স্ট্রম এর নেতৃত্বে ১১ জন আন্তর্জাতিক বিশেষজ্ঞ পর্যবেক্ষকসহ ২৫ সদস্যের বিশেষজ্ঞ দল সুন্দরবনে তেলের ক্ষয়ক্ষতির নিরূপণ পর্যবেক্ষণ করেন। তেল ছড়িয়ে পড়ার বিস্তৃতি, তেলের সম্ভাব্য ক্ষতিকর প্রভাব, পানিতে প্রাণিজ ও উদ্ভিদের ওপর তেলের প্রভাব, বন্যপ্রাণীর ওপর প্রভাব, বন সংলগ্ন মানুষের জীবন ও জীবিকার ওপর প্রভাব, ম্যানগ্রোভ ইকোসিস্টেমের ওপর তেলের প্রভাব পর্যবেক্ষণ করে রিপোর্ট প্রদান করেন। রিপোর্টের বিবরণীতে দেখা যায় পরিবেশের উপর তেলের দীর্ঘমেয়াদি ক্ষতি ও এর বিরূপ প্রভাব খুবই ভয়াবহ।

(৬) কীটনাশক বর্জ্য : শস্য উৎপাদন ও সংরক্ষণের জন্য নানা ধরনের রাসায়নিক পদার্থের ব্যবহার আছে। যেমন কীটপতঙ্গ দমনের জন্য পতঙ্গনাশক, ছত্রাক বিনাশের জন্য ছত্রাকনাশক, আগাছা ধ্বংসের জন্য গুল্মনাশক ব্যবহার করা হয়ে থাকে। কৃষিক্ষেত্রে ব্যবহৃত এসব রাসায়নিক উপাদান পানি দ্বারা বাহিত হয়ে নদী ও অন্যকোনো জলাশয়ে গিয়ে পৌঁছে। বিভিন্ন ধরনের পেস্টিসাইড বা কীটনাশক যেমন DDT, BHC, DHC, মালাথিয়ন, সেভিন, বেগন, থিরাম, 2. 4-ডাইক্লোরো ফেনক্সি এসিড, ফিনাইল মার্কারি অ্যাসিটেট তথা বৃহৎ পরিসরে বালাইনাশকের ব্যবহার মূলত পানিকে দূষণ করে। এসব পেস্টিসাইডের ক্ষতিকর প্রভাব খুবই মারাত্মক ও ভয়ঙ্কর।

(৭) জাহাজ ভাঙা শিল্প : আমাদের বাংলাদেশসহ পৃথিবীর অনেক সাগর তীরবর্তী দেশে পুরাতন জাহাজ ভাঙার শিল্প গড়ে উঠেছে। জাহাজ ভাঙার সময় অনেক বিষাক্ত রাসায়নিক দ্রব্য, তেল, গ্রিজ বিভিন্ন ধরনের লুব্রিকেন্ট পানিতে মিশে পানির দূষণ ঘটায়।

(৮) গৃহপালিত পশুর বর্জ্য : গৃহপালিত পশুর বর্জ্য পানিতে মিশে গিয়ে পানির দূষণ ঘটায়। পশুকে পানিতে গোসল করানো, বৃষ্টির পানির সাথে পশু বর্জ্য মিশে গিয়ে নদীতে পড়লেও পানির দূষণ ঘটে। মারাত্মক পানিবাহিত রোগ জীবাণু এ প্রক্রিয়ার মাধ্যমে পানিতে ছড়িয়ে পড়ে।

13-10-2013 ইং তারিখে বাংলাদেশ ক্ষুদ্র ও কুটির শিল্প করপোরেশন (বিসিক), বাংলাদেশ ফিনিশড লেদার, লেদার গুডস এন্ড ফুটওয়ার এক্সপোর্টস এসোসিয়েশন ও বাংলাদেশ ট্যানার্স এসোসিয়েশনের মধ্যে এক সমঝোতা স্মারক স্বাক্ষরিত হয়। ৩১ ডিসেম্বর ২০১৪ সালের মধ্যেই হাজারীবাগ থেকে চামড়া ও চামড়াজাত সকল পণ্যের শিল্পকারখানা সাভারে স্থানান্তরের জন্য নীতিগতভাবে সিদ্ধান্তে উপণীত হয়ে সমঝোতা স্মারক স্বাক্ষরিত হয়েছে। এটি বাস্তবায়ন হলে চামড়া শিল্পবর্জ্য দূষণ হতে পরিবেশ সুরক্ষিত হবে বলে আশা করা যায়। কিন্তু বাস্তবতা হলো এখনও হাজারীবাগেই চামড়া ও চামড়াজাত শিল্পের অবস্থান রয়েই গিয়েছে।

মনে রাখবে : পানিতে উপস্থিত অণুজীবগুলো পানিতে দ্রবীভূত অক্সিজেনের সাহায্যে জৈব দূষককে বিযোজিত করে নিজেদের খাদ্যদ্রব্য উৎপন্ন করে।

জৈব দূষক + $O_2 \xrightarrow{\text{অণুজীব}} NO_3^-, PO_4^{3-}$ ও SO_4^{2-}। এ প্রক্রিয়ায় পানির DO এর মান কমে যায় এবং BOD এর মান বেড়ে যায়। প্রকৃতপক্ষে BOD এর মানের বৃদ্ধি ঘটে DO এর পরিমাণের হ্রাসের মাধ্যমে।

চিন্তা করে উত্তর দাও – ১.৩৫ :

১. ভূগর্ভস্থ পানির আর্সেনিক দূষণ প্রাকৃতিক দূষণ কেন?

২. উন্নয়নশীল দেশগুলোর ক্ষেত্রে আগামীতে ই-বর্জ্যই হবে প্রধান মনুষ্য সৃষ্টি বর্জ্য কেন?

৩. খাদ্যশৃঙ্খলে As, Cr, Pb, Cd প্রভৃতি ভারী মৌল যুক্ত হওয়াই মানুষের শরীরের বিভিন্ন রোগব্যাধি সৃষ্টির প্রধান কারণ ব্যাখ্যা কর।

১.২০.২ | পানির দূষণের উৎসের প্রতিকার (Prevention of Water Pollution from Source)

আমাদের বাংলাদেশের প্রেক্ষাপটে পানি দূষণের প্রধান উৎস হলো শিল্পজাত বর্জ্য নির্গমন, পয়ঃনিষ্কাশনজনিত বর্জ্য, কৃষি সম্পর্কিত বর্জ্য, পৌর আবর্জনা, জাহাজ ভাঙার বর্জ্যই প্রধান উৎস। এসব উৎস যদি কঠোর ও কার্যকরীভাবে নিয়ন্ত্রণ করা যায় তবে অধিকাংশ ক্ষেত্রেই পানির দূষণ নিয়ন্ত্রণ করা সম্ভব। এ কাজটি সম্পাদনের জন্য কিছু প্রস্তাবনা রাখা হলো।

১. **বর্জ্য শোধনের ব্যবস্থা :** দেশ শিল্পে উৎপন্ন না হলেও শিল্পজাত বর্জ্য পানি দূষণের ক্ষেত্রে গুরুত্বপূর্ণ স্থান দখল করে আছে। প্রতিটি শিল্প কারখানায় নিজস্ব বর্জ্য শোধনাগারের ব্যবস্থা থাকতে হবে। আগে বর্জ্য শোধনাগারে পরীক্ষা করে পরিবেশ অধিদপ্তর কর্তৃক ছাড়পত্রের ভিত্তিতে শিল্প ইউনিট স্থাপনের অনুমতি দিতে হবে। এক্ষেত্রে কঠোরভাবে পরিবেশ অধিদপ্তরের নিয়ম ও আইন মেনে চলতে শিল্পোদ্যোক্তাদের বাধ্য করতে হবে।

২. **অতিরিক্ত রাসায়নিক সার না প্রয়োগ :** জমিতে অপরিকল্পিতভাবে এবং অতিরিক্ত পরিমাণে রাসায়নিক সারের ব্যবহার রোধ করার প্রয়োজন। বিকল্প হিসেবে জৈব সারের ব্যবহার সম্পর্কে জনসচেতনতা সৃষ্টি করতে হবে। জমিতে নাইট্রেট ও ফসফেট সার ব্যবহার করতে হলে জমির চারপার্শ্বে উঁচু বাঁধ দিতে হবে।

৩. **আধুনিক পয়ঃনিষ্কাশন ব্যবস্থা :** আধুনিক ও উন্নতমানের পয়ঃনিষ্কাশন ব্যবস্থা নিশ্চিত করা প্রয়োজন। ড্রেন, নালা, নর্দমা বা সুয়ারেজের ময়লা পানি অবশ্যই রাসায়নিক বা জীব রাসায়নিক পদ্ধতিতে জৈব পদার্থ ক্ষুদ্রাংশকরণ বা ধ্বংসকরণের মাধ্যমে তা নদী বা জলাশয়ে যুক্ত করা যেতে পারে। স্মরণ রাখতে হবে এখানে বর্জ্য পরিশোধনের সকল ধাপ যথাযথভাবে সম্পন্ন করতে হবে।

৪. **রাসায়নিক কীটনাশকের প্রয়োগ নিয়ন্ত্রণ করা :** রাসায়নিক কীটনাশক পানি দূষণের একটি গুরুত্বপূর্ণ নিয়ামক। Cl-যুক্ত কীটনাশকের উৎপাদন ও আমদানি নিষিদ্ধ করে তুলনামূলক পরিবেশের জন্য কম ক্ষতিকর রাসায়নিক কীটনাশক বা জৈব কীটনাশক ব্যবহার করা যেতে পারে। কৃষিক্ষেত্রে কীটনাশক ব্যবহারের সময় প্রদত্ত নির্দেশনা কঠোরভাবে অনুসরণ করতে কৃষকদের উদ্বুদ্ধ করতে হবে।

৫. **পরিষ্কারক উপাদান ব্যবহারে সতর্কতা :** পরিষ্কারক হিসেবে সাবান ও সোডার ব্যবহারের ক্ষেত্রে জনসচেতনতা সৃষ্টি করে এ দুটির ব্যবহার নিশ্চিত করতে হবে। সংশ্লেষিত ডিটারজেন্ট ব্যবহার নিষিদ্ধ করে বায়োডেগ্রেডাবল ডিটারজেন্ট ব্যবহারে উদ্বুদ্ধ করতে হবে।

৬. **জনসচেতনতা :** যেখানে সেখানে বিশেষ করে জলাধারের পাশে মলমূত্র ত্যাগ না করা, রোগীর জামাকাপড় সরাসরি পুকুর বা নদীতে না ধোয়া, হাসপাতাল বা ক্লিনিকের বর্জ্যকে নদীর পানি বা জলাশয়ে না ফেলা, পুকুরে বা নদীতে পশুর গোসল না করানো, গৃহস্থালির ময়লা আবর্জনা নদীর পানিতে না ফেলা এসব জনসচেতনতামূলক বিষয়গুলোকে সমাজের উঁচুস্তর থেকে তৃণমূল পর্যায় পর্যন্ত অবহিত করে সকলকে তা মেনে চলার জন্য সামাজিক আন্দোলন গড়ে তোলা অতি জরুরি।

৭. **পরিবেশ দূষণ রোধে সবুজ কর :** ২০১৪-১৫ অর্থ বছরে পরিবেশ দূষণ রোধে নতুন বাজেটে ১ শতাংশ হারে সবুজ কর আরোপের প্রস্তাব করা হয়েছে। পরিবেশবান্ধব শিল্প উৎপাদন নিশ্চিত করতে সারচার্জ বসানোর এ প্রস্তাব করা হয়। কোনো শিল্প প্রতিষ্ঠানে আধুনিক বর্জ্য ব্যবস্থাপনা না থাকলে ১ শতাংশ হারে পরিবেশ সুরক্ষা সারচার্জ দিতে হবে। শিল্প মালিকদের ETP স্থাপনে উৎসাহ এবং পরিবেশ সম্পর্কে সচেতনতা বাড়াতে পরিবেশ ক্ষতিকর শিল্প প্রতিষ্ঠানের উৎপাদিত সবধরনের পণ্যের ওপর ১% হারে পরিবেশ সুরক্ষা সারচার্জ আরোপ করা হয়েছে। বর্তমানে এ ব্যবস্থা বন্ধ আছে।

শিল্পবর্জ্য ও শহরের পয়ঃপ্রণালি হতে সৃষ্ট বর্জ্যে দেশের প্রধান নদীগুলোর পানি মারাত্মকভাবে দূষিত হয়ে পড়েছে। দূষণ হতে রক্ষার জন্য বুড়িগঙ্গা, শীতলক্ষ্যা, ব্রহ্মপুত্র, তুরাগসহ আরো অন্যসব নদীর বর্তমান অবস্থা থেকে পরিত্রাণের জন্য দূষণকারীদের ওপর ইকো চার্জ আরোপের এ ব্যবস্থা নেওয়া হয়।

অনুসন্ধানমূলক কাজ ও প্রতিবেদন - ১.৩৬ :
শ্রেণি শিক্ষকের সহায়তায় শিক্ষার্থীরা কোনো পানি দূষণ এলাকা পরিদর্শন করবে এবং সেখানে পানি দূষণের কারণসমূহ নির্ধারণ করে এর প্রতিকারের বিষয়ে কী কী পদক্ষেপ নেয়া যায় সে বিষয়ে একটি প্রতিবেদন তৈরি করবে।

১.২১ পানির প্রাকৃতিক দূষণ-আর্সেনিক দূষণ ও প্রভাব (Natural Pollution of Water)

১.২১.১ | পানির প্রাকৃতিক দূষণ (Natural Pollution of Water)

প্রাকৃতিক উৎস হতে বিভিন্নভাবে পানি দূষণ হয়ে থাকে। প্রাকৃতিক উৎসগুলোর মধ্যে রয়েছে– ১. ভূমি ধ্বস, পাহাড় ধ্বস ও পাহাড়ের ক্ষয়জনিত পদার্থ। ২. আগ্নেয়গিরির অগ্ন্যুৎপাতে নির্গত পদার্থ। ৩. বিরূপ জলবায়ুর কারণে। ৪. বন্যা।

১. **ভূমিধ্বস, পাহাড় ধ্বস ও পাহাড়ের ক্ষয়জনিত পদার্থ :** ভূমিধ্বস, পাহাড় ধ্বস ও পাহাড়ের ক্ষয় প্রতিনিয়ত ঘটছে। এটি প্রকৃতির সাধারণ নিয়মের মধ্যেই ধরে নেওয়া হয়েছে। এসব কারণে পানির দূষণ ঘটে মারাত্মকভাবে। প্রকৃতির মিঠা পানির উৎসগুলো দূষিত হয়ে মাটিতে উৎপাদিত বিভিন্ন জৈব ও অজৈব দূষকসমূহ সরাসরি পানিতে মিশে পানির দূষণ ঘটায়। বৃষ্টিপাতের ফলে পাহাড়ের মারাত্মক ক্ষয় হয়। এ সময় মাটিতে উৎপাদিত বিভিন্ন দ্রবণীয় লবণসমূহ এবং বেশ কিছু ক্ষতিকর ট্রেস মৌল যেমন Al, Sb, Cr, Hg, Cd, As, Ti, Pb, Ag এর যৌগসমূহ পানিতে দ্রবীভূত হয়ে ভূপৃষ্ঠে নেমে আসে এবং পানির দূষণ ঘটায়।

২. **আগ্নেয়গিরির অগ্ন্যুৎপাতে নির্গত পদার্থ :** আগ্নেয়গিরির অগ্ন্যুৎপাতের সময় নির্গত ভস্ম, সূক্ষ্ম কণিকা, বিষাক্ত উপাদান পানিতে মিশে পানির দূষণ ঘটায়।

৩. **বিরূপ জলবায়ুর কারণ :** বিরূপ জলবায়ুর কারণে পানির প্রাকৃতিক দূষণ ঘটে। টর্নেডো, টাইফুন, সুনামি, ঘূর্ণিঝড়, হ্যারিকেন, জলোচ্ছ্বাস প্রভৃতি প্রাকৃতিক বিপর্যয়ের ফলে উপকূলীয় অঞ্চল হতে মৃত প্রাণী, জৈব আবর্জনা, উদ্ভিদসহ আরো অনেক ধরনের জৈব ও অজৈব ক্ষতিকারক দূষিত পদার্থ নদী বা সাগরে এসে মিশে যায়। এর অনেক উপাদানই থাকে পচনশীল। এর প্রভাবে ব্যাপকভাবে পানি দূষণ ঘটে। এসবের কারণে জলাবদ্ধতার সৃষ্টি হয়। দীর্ঘদিন পানি জমে থাকলে সেখানে জৈব আবর্জনা পচে ব্যাপকভাবে জৈব দূষণ ঘটায়।

৪. **বন্যা :** বন্যার ফলে বিভিন্ন এলাকা প্লাবিত হয়। এর ফলে প্রচুর উদ্ভিদ ও প্রাণী নিমজ্জিত হয় এবং এসবের পচনের ফলে ভীষণভাবে পানির দূষণ ঘটে। পানির বিশুদ্ধতা নষ্ট হয়। বন্যা পরবর্তী দেখা দেয় বিভিন্ন রোগ যেমন ডায়রিয়া, আমাশয়, জণ্ডিসসহ মারাত্মক সব পানিবাহিত রোগ। বন্যার ফলে বিভিন্ন বিষাক্ত শিল্পবর্জ্য অতিসহজে পানিতে মিশতে পারে। বিভিন্ন শিল্পের বর্জ্য পদার্থ হিসেবে ট্রেস মৌলসমূহ যেমন Hg, Pb, Cd, As, Cr, Sb ইত্যাদি আয়ন হিসেবে বন্যার পানিতে মিশে যায়। জলজ উদ্ভিদ ও প্রাণীদের উপর এর ক্ষতিকর প্রভাব খুবই ভয়ঙ্কর। খাদ্যশৃঙ্খলার মাধ্যমে এ ধাতুগুলো মানবদেহে স্থানান্তরিত হয়। বন্যার সময় ও বন্যা পরবর্তী সময় খাবার পানির মারাত্মক সংকট দেখা দেয়।

১.২১.২ | পানির আর্সেনিক দূষণ (Arsenic pollution of Water)

পানির আর্সেনিক দূষণ ও বিষক্রিয়া এক অর্থে দীর্ঘ মেয়াদি এবং ভয়াবহ। বিভিন্ন দেশের বহুসংখ্যক মানুষ এর বিষক্রিয়ায় আক্রান্ত। আর্সেনিক প্রকৃতিতে সাধারণত মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না। ভূত্বকের খনিজে As খনিজ হিসেবে থাকে। এর মধ্যে রিয়্যালগার (As_4S_4), অর্পিমেন্ট (As_2S_3) প্রধান। তবে আর্সেনিকের ত্রিযোজী ও পঞ্চযোজী অবস্থাই এর বিষক্রিয়া সৃষ্টিতে সর্বাধিক উপযোগী। পানিতে আর্সেনিক চারভাবে থাকতে পারে। যেমন (১) আর্সেনাইট (III) অক্সাইড (As_2O_3), (২) আর্সেনাইট (V) অক্সাইড (As_2O_5), (৩) মনোমিথাইল আর্সেনিক এসিড (H_2MeAsO_3), (৪) ডাইমিথাইল আর্সেনিক এসিড (Me_2AsO_3)। ভূগর্ভস্থ পানিতে প্রাথমিকভাবে আর্সেনিক ট্রাই ও পেন্টা জারণ অবস্থায় দ্রবীভূত হয়ে থাকে। 20° সে. তাপমাত্রায় As_2O_3 হিসেবে As (III) এর দ্রাব্যতা $3.7 \times 10^4 mg.L^{-1}$ এবং As_2O_5 হিসেবে As(V) এর দ্রাব্যতা $1.5 \times 10^6 mg.L^{-1}$ ভূত্বকের মাটির স্তরে As যৌগ কখনই স্থির থাকেনা বরং তা মাটির স্তর ভেদ করে ভূগর্ভস্থ পানির স্তরে পৌঁছে। মাটিতে Al ও Fe এর পরিমাণ কম হলে As এর প্রবেশের ক্ষমতা আরো বেড়ে যায়। ভূগর্ভস্থ কঠিন শিলাতে As যুক্ত বিভিন্ন প্রকার খনিজ যেমন ইনার্জাইট স্পলটাইট ($CoAs_3$), নিকোলাইট (NiAs), স্করোভাইট ($Fe_2O_3.\ Al_2O_3.4H_2O$), অর্পিমিমাইড (As_2S_3), অর্সেনিক্যাল পাইরাইটস (Fe AsS) প্রভৃতি উপস্থিত থাকে। ভূগর্ভস্থ পানি এসব খনিজের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হওয়ার সময় As^{3+} ও As^{5+} জারণ অবস্থায় আর্সেনিক কণা পানিতে মিশে যায়। বর্তমানে ভূগর্ভস্থ পানির ব্যাপক ব্যবহারের ফলে, পানির স্তর নেমে যাওয়ার ফলে এ প্রক্রিয়াটি আরো সহজতর হয়েছে। As পাইরাইট অর্পিমিমাইড (As_2S_3) পানির সংস্পর্শে এসে জারণ প্রক্রিয়ার মাধ্যমে পানিতে দ্রবীভূত হয়ে থাকে।

$FeAs\ S + H_2O + O_2 \longrightarrow Fe^{2+} + AsO_4^{3-} + SO_4^{2-} + H^+ \longrightarrow Fe(OH)_2 + H_3AsO_4 + H_2SO_4.$

$AsS_3 + H_2O + O_2 \longrightarrow H_2SO_4 + H_3AsO_4.$

ভূগর্ভস্থ পানির স্ব-পরিস্রাবণের সময়ও As পানিতে প্রবেশ করে থাকে।

$Fe^{2+} + 2H_2O + O_2 \longrightarrow Fe(OH)_3 + H^+.$

$H_3AsO_4 + Fe(OH)_3 \longrightarrow H_2AsO_4^- + Fe(OH)_3 + H^+.$

$H_2AsO_4^- + Fe(OH)_3 \longrightarrow FeAsO_4 + H_2O.$

উৎপন্ন $FeAsO_4$ এর অধঃক্ষেপ বিভিন্নভাবে বিশ্লেষিত হয়ে As^{3+} ও As^{5+} আয়ন হিসেবে ভূগর্ভস্থ পানিতে মিশে থাকে। এভাবে ভূগর্ভস্থ পানি As সংক্রমণের ফলে বিষাক্ত হয়।

এছাড়াও মনুষ্য সৃষ্ট কারণেও আর্সেনিকের দূষণ ঘটে থাকে। এক্ষেত্রে বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য হলো– (১) কৃষি ক্ষেত্রে ব্যবহৃত বালাইনাশক এবং রাসায়নিক সারের ব্যবহার এবং (২) রাসায়নিক শিল্পকারখানার বর্জ্য। বিভিন্ন কীটনাশক উৎপাদন কেন্দ্র ও শিল্পবর্জ্যের মধ্যে আর্সেনিকের যৌগ থাকে। এসব বর্জ্য পানিতে মিশে আর্সেনিক দূষণ ঘটায়। পৌর বর্জ্যের মধ্যেও ক্ষতিকর আর্সেনিক যৌগ থাকে। এসব যৌগ পানিতে মিশে গিয়ে মাটির অভ্যন্তরে প্রবেশ করে ভূগর্ভস্থ পানির দূষণ ঘটায়।

বিশ্ব স্বাস্থ্য সংস্থা (WHO) এর দিক নির্দেশনা অনুযায়ী পানিতে আর্সেনিকের নিরাপদ মাত্রা $0.01\ mg.L^{-1}$। গবেষণায় দেখা যায় মানবদেহে আর্সেনিকের সর্বোচ্চ সহনসীমা $0.05\ mg.L^{-1}$, কিন্তু বাংলাদেশের বেশ কয়েকটি জেলায় নলকূপের পানিতে আর্সেনিকের পরিমাণ $0.25\ mg.L^{-1}$। বিষয়টি খুবই ভয়াবহ ও উদ্বেগজনক। এমন পানি নির্বিচারে পান করার ফলে বাংলাদেশ আর্সেনিক দূষণে আক্রান্ত রোগীর সংখ্যা দাঁড়িয়েছে প্রায় ৬ থেকে ৭ লক্ষ। এদের মধ্যে অন্তত ১ লক্ষ মানুষ মারাত্মক চর্মরোগ ও কিডনী রোগে ভুগছেন। পৃথিবীর বিভিন্ন দেশ যেমন মেক্সিকো, আর্জেন্টিনা, চিলি, তাইওয়ান, ভারতের পশ্চিম বঙ্গ প্রভৃতি ভূখণ্ডে আর্সেনিক দূষণের ঘটনা ক্রমাগত বেড়েই চলছে। মনুষ্য সৃষ্ট কারণে বছরে বিশ্বে প্রায় $28 \times 10^6\ kg$ আর্সেনিকের দূষণ ঘটে।

পানিতে আর্সেনিক মূলক (As^{3+}) এর সনাক্তকারী পরীক্ষা (Test for As^{3+} Radical in Water) :

পরীক্ষা ১ :

একটি পরীক্ষা নলে 2-3 mL পানি নিয়ে তাতে H_2S গ্যাস চালনা কর।

পর্যবেক্ষণ : হলুদ অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়।

ব্যাখ্যা ও সিদ্ধান্ত : আর্সেনিয়াম সালফাইডের (As_2S_3) হলুদ বর্ণের অধঃক্ষেপ দৃষ্টিগোচর হয়।

$$2\,AsCl_3 + 3\,H_2S \longrightarrow \underset{\text{(হলুদ বর্ণ)}}{As_2S_3\downarrow} + 6\,HCl$$

পানিতে As^{3+} উপস্থিত।

পরীক্ষা ২ :

একটি বিকারে নমুনা পানি নিয়ে তাপ দিতে থাক। পানির আয়তন 90% কমিয়ে ফেল। অর্থাৎ 100 mL পানিকে উত্তপ্ত করে 10 mL পানিতে পরিণত কর। এ পানির 3 mL নিয়ে উহাতে সমপরিমাণ গাঢ় HNO_3 যোগ করে মিশ্রণটি উত্তপ্ত করে প্রায় 3 mL এ পরিণত কর। প্রাপ্ত মিশ্রণকে শীতল ও লঘু করে তিনভাগে বিভক্ত কর।

পর্যবেক্ষণ : তেমন বিশেষ কোনো পরিবর্তন দেখা গেল না।

ব্যাখ্যা ও সিদ্ধান্ত : পানির আর্সেনিয়াম লবণ আর্সেনেটে জারিত হয়।

$$3\,AsCl_3 + 2\,HNO_3 + 8\,H_2O \longrightarrow 3\,H_3AsO_4 + 9\,HCl + 2\,NO\uparrow$$

(a) পরীক্ষা : দ্রবণের একভাগে 2-3 ফোটা $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ কর।

(a) পর্যবেক্ষণ : বাদামি বর্ণের অর্ধঃক্ষেপ পরিলক্ষিত হয়।

(a) ব্যাখ্যা ও সিদ্ধান্ত : সিলভার আর্সেনেটের বাদামি বর্ণের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়।

$$H_3AsO_4 + 3\,AgNO_3 \longrightarrow \underset{\text{(বাদামি বর্ণ)}}{Ag_3AsO_4\downarrow} + 3\,HNO_3$$

পানিতে As^{3+} উপস্থিত।

(b) পরীক্ষা : দ্রবণের দ্বিতীয় অংশে অ্যামোনিয়াম মলিবডেট দ্রবণ যোগ কর। মিশ্রণকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত কর।

(b) পর্যবেক্ষণ : হলুদ বর্ণের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়।

(b) ব্যাখ্যা ও সিদ্ধান্ত : হলুদ বর্ণের অ্যামোনিয়াম আর্সেনো-মলিবডেটের অধঃক্ষেপ পড়ে।

$$H_3AsO_4 + 12\,(NH_4)_2MoO_4 + 21\,HNO_3 \longrightarrow \underset{\text{(হলুদ বর্ণ)}}{(NH_4)_3[As(Mo_3O_{10})_4]\downarrow} + 21\,NH_4NO_3 + 12\,H_2O$$

পানিতে As^{3+} উপস্থিত।

(c) পরীক্ষা : দ্রবণের তৃতীয় অংশে অতিরিক্ত NH_4OH দ্রবণ যোগ করার পর ম্যাগনেশিয়া মিশ্রণ [$Mg(NO_3)_2$ ও $Mg(OH)_2$] যোগ করে মিশ্রণকে ঝাঁকাও।

(c) পর্যবেক্ষণ : সাদা দানাদার অধঃক্ষেপ পড়ে।

(c) ব্যাখ্যা ও সিদ্ধান্ত :

$$H_3AsO_4 + 3\,NH_4OH \longrightarrow (NH_4)_3AsO_4 + 3\,H_2O$$

$$(NH_4)_3\,AsO_4 + Mg(NO_3)_2 \longrightarrow \underset{\text{(সাদা বর্ণ)}}{Mg(NH_4)AsO_4\downarrow} + 2\,NH_4NO_3$$

পানিতে As^{3+} মূলক উপস্থিত।

১.২১.৩ | পানি দূষণের প্রভাব (Effect of Water Pollution)

পানির অপর নাম জীবন। প্রতিদিন আমরা গড়ে ২ – ২.৫ লিটার পানি পান করি। এ পানি শুধু তৃষ্ণা মিটায় না, আমাদের শরীরের অনেক বিপাকীয় জৈব রাসায়নিক প্রক্রিয়া সম্পাদনের জন্য পানি অত্যন্ত প্রয়োজনীয় উপাদান। এ পানিই আবার রোগ সৃষ্টিকারী অণুজীবের বসবাস ও বংশবৃদ্ধির জন্য একটি গুরুত্বপূর্ণ মাধ্যম। অণুজীববাহিত পানি জনস্বাস্থ্যের জন্য মারাত্মক হুমকীস্বরূপ। পানিবাহিত রোগের মধ্যে টাইফয়েড, প্যারাটাইফয়েড, কলেরা, বসন্ত, জণ্ডিস, আমাশয়, কৃমিরোগ, পোলিও, ক্ষতজনিত হেপাটাইসিস অন্যতম। এ ধরনের রোগজীবাণু পানিতে মিশে গিয়ে উল্লিখিত রোগের বিস্তার ঘটায়।

বিভিন্ন রাসায়নিক উপাদানের পানিতে দ্রবীভূত হওয়ার ফলে পানিতে দ্রবণীয় অক্সিজেন (DO) এর পরিমাণের হ্রাস ঘটে। পানির গুণাগুণ নির্ধারণে DO মান খুবই গুরুত্বপূর্ণ। এ মান 4–6 $mg.L^{-1}$ হওয়া প্রয়োজন। DO মানের হ্রাসের ফলে জলজ প্রাণী ও জলজ উদ্ভিদের জীবন বিপন্ন হয় এবং পানি পানীয় জল হিসেবে ব্যবহারের অনুপযোগী হয়। পানি দূষণের ফলে পানির pH সীমা 6.5 এর নিচে নেমে এসে পানি পানের অযোগ্য হয়ে পড়ে। পানিতে অণুজীবসমূহের বংশ বৃদ্ধির উপযুক্ত অনুকূল মাধ্যম সৃষ্টি হয়।

পানি বিভিন্ন অজৈব উপাদানঘটিত দূষণ, যেমন– সীসা (Pb) জনিত দূষণের ফলে মস্তিষ্কের কোষ বিনষ্ট, রক্তচাপ বৃদ্ধি, গর্ভপাত বা মৃত সন্তান প্রসব, শিশুদের আইকিউ হ্রাস ঘটে থাকে। মারকারি (Hg) জনিত দূষণের ফলে মানসিক দুর্বলভাব, হাত ও পা অসাড় হয়ে পড়া, দৃষ্টিহীনতা, বধিরত্ব, ভ্রূণ-মস্তিষ্কের অসম্পূর্ণ বৃদ্ধি ইত্যাদি ঘটে থাকে। পানি ক্যাডমিয়াম (Cd) দূষণের ফলে রক্তচাপ বৃদ্ধি, বৃক্ক ও ফুসফুসের স্বাভাবিক ক্রিয়া বিঘ্নিত হওয়া, অস্থির ভঙ্গুর হওয়া ও অস্থির সংযোগস্থলে ব্যথা অনুভব করাসহ বিভিন্ন রোগ ও রোগের উপসর্গের সৃষ্টি হয়।

পানিতে আর্সেনিক দূষণের ফলে মানুষের স্বাস্থ্যের উপর আর্সেনিক বিষক্রিয়াজনিত প্রভাব খুবই ভয়াবহ।

যেমন (১) পরিপাকতন্ত্রীয় প্রভাব (Gastro-intestinal effects), (২) রক্তসংক্রান্ত প্রভাব (Hematogic effects), (৩) ত্বক সংক্রান্ত প্রভাব (Dermatologic effects), (৪) নার্ভ সংক্রান্ত প্রভাব (Neurological effects), (৫) হৃদসংবহনতন্ত্র সংক্রান্ত প্রভাব (Cardiovascular effects), (৬) শ্বসন সংক্রান্ত প্রভাব (Respiratory effects), (৭) বৃক্ক সংক্রান্ত প্রভাব (Renal effects) বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য। এর প্রতিটি ক্ষেত্রে আছে, (ক) ক্ষণস্থায়ী প্রভাব (Acute effects) ও (খ) দীর্ঘস্থায়ী প্রভাব (Chronic effects).

ক. **ক্ষণস্থায়ী প্রভাব (Acute effects) :** আর্সেনিকের প্রত্যক্ষ সংস্পর্শে পাকস্থলীতে প্রদাহের সৃষ্টি হয়। মুখগহ্বর শুকিয়ে যায় এবং খেতে অসুবিধার সৃষ্টি হয়। রক্তনালী প্রসারণ ঘটে এবং রক্তনালী থেকে প্লাজমা অন্তঃকোষীয় স্থানে ব্যাপৃত হয়। এ কারণে রক্তের আয়তন ও প্রোটিনের পরিমাণ কমে যায়। রক্তের আয়তন এবং বৃক্কের রক্তচাপ হ্রাসের ফলে বৃক্কের মূত্র উৎপাদন ক্রিয়া ব্যাহত হয়। এটি "রেনাল ফেলিওর" নামে পরিচিত। অ্যাবডোমিনাল যন্ত্রণা অনুভূত হয়। সারাক্ষণ বমি বমি ভাব থাকে। যকৃৎ কোষে লিপিডের অতিরিক্ত সঞ্চয় ঘটে। ডায়রিয়ার প্রকোপ দেখা দেয়। আর্সেনিকের প্রত্যক্ষ সংস্পর্শে ফুসফুসীয় রক্তজালিকার প্রাচীর ক্ষয়ে যায়। ফলে রক্তরস ফুসফুসে সঞ্চিত হয়ে "পালমোনারি ইডিমা" সৃষ্টি করে। আর্সেনিক গ্যাসের প্রভাবে লোহিত রক্তকণিকার অক্সিজেন পরিবহন ক্ষমতার হ্রাস ঘটে। এ গ্যাস হিমোগ্লোবিনের সাথে মিশে লোহিত রক্তকণিকার হিমোলাইসিস ঘটায়। লোহিত রক্তকণিকাস্থিত উৎসেচক এবং অন্যান্য প্রোটিনের সাথে স্থায়ীভাবে সংযুক্ত হয়ে লোহিত কণিকাকে ভেঙে দেয়। মূলত এটিই হিমোলাইসিস। এর প্রভাবে কেন্দ্রীয় এবং প্রান্তীয় নার্ভতন্ত্রের অন্তর্গত নিউরনের কার্যকারিতা বিনষ্ট হয়ে যায়।

খ. **দীর্ঘস্থায়ী প্রভাব (Chronic effects) :** আর্সেনিকের দীর্ঘস্থায়ী প্রভাবের মধ্যে চর্মে রক্ত চলাচল ব্যাহত হয়। গলা, ঘাড়, বুক ও পিঠের চামড়ায় কালচে ধূসর বর্ণের দাগের সৃষ্টি হয়। হাতের ও পায়ের তালুতে আঁচিলের মতো গুটি বের হয় (চিত্র ১.২১)। দীর্ঘদিন আর্সেনিকযুক্ত পানি পান করলে লিভার সিরোসিস, ফুসফুস ও মূত্র নালিতে ক্যানসার হতে পারে। দীর্ঘস্থায়ী আর্সেনিক সংক্রমণের ফলে অস্থিমজ্জা কোষ থেকে রক্তকোষ উৎপাদন ব্যাহত হয়। অধিকাংশ ক্ষেত্রে আর্সেনিকের স্থায়ী বিষক্রিয়ার কারণে নরমোসাইটিক, অ্যানিমিয়া, অ্যাপ্লাসটিক



চিত্র ১.২১ : মানবদেহে আর্সেনিকের ক্ষতিকর প্রভাব

অ্যানিমিয়া, থ্রম্বোসাইটোপিনিয়া এবং প্যানসাইটোপিনিয়ার মতো কঠিন রোগের সৃষ্টি হয়। আর্সেনিকের বিষক্রিয়ায় আক্রান্ত ব্যক্তি রাইনাইটিস, ফ্যারিনজাইটিস, স্যারিনজাইটিস, ট্রাকিওব্রঙ্কাইটিস, সিরোসিস নিউরোপ্যাথী, ত্বক সংক্রান্ত আর্সেনিকোসিস রোগের মতো কঠিন কঠিন সব ব্যাধির সৃষ্টি হয়। এছাড়াও পাকস্থলীতে প্রদাহ, সবসময় বমি বমি ভাব, হাত ও পায়ের নখের বৃদ্ধিতে বাধা, মাথার চুল পড়া, হাত ও পায়ের ত্বকের উপর ফুসকুড়ির সৃষ্টি হয়ে থাকে।

এছাড়াও প্রজনন সংক্রান্ত প্রভাব (Reproductive effects), মিউটাজেনিক প্রভাব (Mutagenic effects), কারসিনোজেনিক প্রভাব (Carcinogenic effects) বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য। আর্সেনিকের স্থায়ী বিষক্রিয়ায় DNA এর মিউটেশন ঘটে।

20-03-2013 ইং তারিখে স্বাস্থ্য অধিদপ্তরের প্রকাশিত তথ্য ও পরিসংখ্যান অনুযায়ী ২০১২-২০১৩ অর্থবছরে বাংলাদেশে ৬৫৯১০ জন আর্সেনিকোসিস্ রোগী শনাক্ত করা হয়েছে। যা ২০১১-২০১২ অর্থবছরের চেয়ে ৯১৫২ জন বেশি। বাংলাদেশের ৬৪টি জেলার মধ্যে মাত্র রাঙামাটি, কক্সবাজার ও বান্দরবান এ তিনটি জেলা আর্সেনিক মুক্ত। সবচেয়ে বেশি আর্সেনিক আক্রান্ত জেলা কুমিল্লা। এ জেলায় আক্রান্তের সংখ্যা ১৬০৫ জন। এক বছরে বেড়েছে ৮৭১ জন। দ্বিতীয় ও তৃতীয় অবস্থানে যথাক্রমে চাঁদপুর ও নোয়াখালী জেলা। চাঁদপুর জেলায় আক্রান্তের সংখ্যা ৮৬৯৬ জন। এ জেলায় এক বছরে বেড়েছে ৮৪৮ জন। নোয়াখালী জেলায় আক্রান্তের সংখ্যা ৩৪৮৭ জন এবং এক বছরে বেড়েছে ১০৭০ জন।

অনুসন্ধানমূলক প্রতিবেদন - ১.৩৭ :
তোমাদের নিজ নিজ এলাকার নলকূপের পানিকে সংগ্রহ করে আর্সেনিক কীটের সাহায্যে পানিতে আর্সেনিকের মাত্রা নির্ণয় করবে। আর্সেনিক দূষণে এলাকার জনসাধারণ বিশেষ করে শিশু ও বয়স্ক লোকের মধ্যে কী কী রোগের লক্ষণ দেখা দিয়েছে তার একটি তালিকা প্রণয়ন কর। এলাকার পানিতে আর্সেনিক উপস্থিতির কারণ অনুসন্ধান করে প্রতিবেদন তৈরি কর।

১.২২ খাদ্যশৃঙ্খলে ভারী ধাতু (As, Cr, Pb, Cd) যুক্ত হওয়ার কারণ ও প্রভাব

(Causes & effect of heavy metals addition in food Chain & its effect)

১.২২.১ খাদ্যশৃঙ্খলে ভারী ধাতু (As, Cr, Pb, Cd) যুক্ত হওয়ার কারণ

যেসব ধাতুর আপেক্ষিক গুরুত্ব 1 অপেক্ষা বেশি তারাই মূলত ভারী ধাতু। খাদ্যশৃঙ্খলে যুক্ত বিভিন্ন ভারী ধাতু বিশেষ করে Hg, Pb, Cd, Cr, Cu, As, Sb, Zn, Ni অন্যতম। এ ধাতব মৌলগুলো (As ও Sb ব্যতীত এরা অপধাতু) কোনো না কোনোভাবে খাদ্যশৃঙ্খলের মাধ্যমে শরীরে প্রবেশ করে। এদের মধ্যে বেশির ভাগই বিষাক্ত ও খাদ্যশৃঙ্খলে প্রবেশযোগ্য। এ শ্রেণির ধাতুগুলো অতি সামান্য পরিমাণ (100 ppm এর মতো) ভূত্বকে থাকে, এরা ট্রেস ধাতু (Trace metals) নামে পরিচিত। ট্রেস ধাতুগুলোর মধ্যে যাদের ঘনত্ব 5 $g.mL^{-1}$ তাদেরকে হাল্কা, আর এর বেশি হলে তাদেরকে ভারী ধাতু বলা হয়ে থাকে। বিষাক্ত ধাতুগুলো প্রাকৃতিক ও মানব সৃষ্ট প্রক্রিয়ার মাধ্যমে প্রকৃতিতে খাদ্যশৃঙ্খলে যুক্ত হয়।

As যুক্ত হওয়ার কারণ : খাদ্যশৃঙ্খলে As এর দূষণ অনেকটাই প্রাকৃতিক নিয়মে ঘটে। ভূগর্ভস্থ পানির দূষণ যা প্রাকৃতিক নিয়মে ঘটে। আর্সেনিকের বিভিন্ন খনিজ ভূগর্ভস্থ পানির মধ্য দিয়ে প্রবেশের সময় As^{3+} ও As^{5+} জারণ অবস্থার সৃষ্টি করে। As^{3+} ও As^{5+} অবস্থায় আর্সেনিক কণা পানিতে দ্রবীভূত হতে পারে। ভূগর্ভস্থ এ দূষিত পানি উত্তোলন করে কৃষিকাজে ব্যবহারের ফলে বিভিন্ন শস্য বীজের মধ্যে এর অধিশোষণ ও এনজাইম ক্রিয়া ঘটে শস্য বীজে জমা হয় এবং পরে তা জীবের দেহে সংক্রমিত হয়। উদ্ভিদের দেহের সঞ্চিত আর্সেনিক উদ্ভিদভোজী প্রাণী যেমন গরু, ছাগল, ভেড়া, মহিষ ইত্যাদির দেহে প্রবেশ করে পশুর দেহের চর্বিতে সঞ্চিত হয়। পশুর চর্বি হতে আর্সেনিক খাদ্যশৃঙ্খলের মাধ্যমে মানুষের শরীরে প্রবেশ করে। কৃষিক্ষেত্রে ব্যবহৃত বিভিন্ন কীটনাশক এর মাধ্যমেও আর্সেনিক খাদ্যশৃঙ্খলে প্রবেশ করে থাকে। জলজ প্রাণী বিশেষ করে মাছ এর দেহে আর্সেনিক যুক্ত পানি থেকে As^{3+} প্রবেশ করে। মানুষের খাদ্য তালিকায় মাছকে খাদ্য হিসেবে গ্রহণ করলে খাদ্যশৃঙ্খলে আর্সেনিক প্রবেশ করে। আর্সেনিকযুক্ত ভূগর্ভস্থ পানি পান করার ফলে সরাসরি আর্সেনিক খাদ্যশৃঙ্খলে প্রবেশ করে।

কয়লাতে আর্সেনো পাইরাইটস ($Fe_2As_2S_2$) হিসেবে As বর্তমান থাকে। কয়লার দহনে উৎপন্ন ফ্লাই অ্যাশে 6300 mg kg^{-1} পরিমাণ আর্সেনিক থাকে। আকরিক হতে Pb, Cr, Cd ধাতু নিষ্কাশনের সময় কিছু পরিমাাণ আর্সেনিক পরিবেশে মুক্ত হয়।

Cr ধাতু যুক্ত হওয়ার কারণ : খাদ্যশৃঙ্খলে Cr ধাতু যুক্ত হওয়ার অন্যতম প্রধান উৎস হলো ট্যানারী শিল্প বর্জ্য। এ শিল্পে ক্রোম ট্যানিং এর সময় সবচেয়ে বেশি পরিমাণ $Cr_2(SO_4)_3$ ব্যবহৃত হয়। এ শিল্পের বর্জ্য তরলের সাথে এটি পরিবেশে চলে আসে। বস্ত্র শিল্পের কাপড়ের প্রিন্টিং এর কাজে ক্রোম অ্যালামকে ব্যবহার করা হয়। এ থেকেও Cr পরিবেশে মিশে থাকে। গবেষণাগারের বিভিন্ন মাত্রিক বিশ্লেষণে এসিডিয় $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ ব্যবহার করা হয়, রঞ্জক শিল্পে $K_2Cr_2O_7$, $BaCrO_4$, $PbCrO_4$ প্রভৃতিকে ব্যবহার করা হয়। কাঠের দীর্ঘমেয়াদী সংরক্ষণ, টিকসই, ব্যবহার উপযোগী ও আকর্ষণীয় করার ক্ষেত্রে $CuCr_2O_7$ মেহগনি গাছের বর্ণ, $Cr_2(CrO_4)_3$ কাঠালী বর্ণ, $K_2Cr_2O_7$ প্রভৃতি Cr যৌগের বহুল ব্যবহার পরিলক্ষিত হয়। এ থেকেও Cr ধাতু পানি, মাটি, উদ্ভিদ তথা খাদ্যশৃঙ্খলে প্রবেশ করে থাকে।

বাংলাদেশ ধান গবেষণা ইনস্টিটিউটের এক গবেষণায় দেখা যায় নরসিংদী ও গাজীপুরের ডায়িং মিল বর্জ্য নিঃসরণ এলাকায় উৎপাদিত ধানের মধ্যে Cr এর পরিমাণ 6.37×10^{-2} mg kg^{-1}।

Cd ধাতু যুক্ত হওয়ার কারণ : খাদ্যশৃঙ্খলে Cd ধাতু সংক্রমণের অন্যতম উৎস হলো আকরিক থেকে Zn, Cu, Pb প্রভৃতি ধাতুর নিষ্কাশনের সময় আকরিকের মধ্যের ভেজাল Cd ধাতু শিল্পবর্জ্য হিসেবে পরিবেশে চলে এসে Cd^{2+} আয়ন হিসেবে পানি, মাটি, উদ্ভিদ হয়ে খাদ্যশৃঙ্খলে প্রবেশ করে থাকে। এছাড়াও রঙিন প্লাস্টিক উৎপাদনে ব্যবহৃত রং, নিকেল–ক্যাডমিয়াম ব্যাটারির তড়িৎদ্বার হিসেবে ব্যবহৃত Cd, ফসফেট সার হিসেবে উপজাত Cd এর যৌগ, বিভিন্ন পেস্ট্রিসাইড উৎপাদনে উপজাত Cd, ঝালাই এর কাজে ব্যবহৃত সোল্ডার এর Cd, ইলেকট্রনিক্স যন্ত্রপাতিতে ব্যবহৃত Cd এবং ক্যাডমিয়াম প্লেটেড ইস্পাতের রিসাইকেলের সময়ও Cd যৌগের বাষ্প প্রথমে বায়ু, পরে পানি, মাটি ও উদ্ভিদ হয়ে খাদ্যশৃঙ্খলে প্রবেশ করে। এছাড়াও সিরামিক ও মেলামাইন দ্রব্য সামগ্রি উৎপাদনের সময়, কৃষি জমির আগাছানাশক উৎপাদনে, এমনকি সিগারেটের ধোঁয়ার মাধ্যমেও Cd ধাতু খাদ্যশৃঙ্খলে প্রবেশ করে থাকে।

ক্যাডমিয়াম (Cd) প্রকৃতিতে খনিজ আকারে জিঙ্কের সাথে যুক্ত অবস্থায় থাকে। এছাড়া Cd দূষণের উৎস হিসেবে (i) কাচ ও সিরামিক উৎপাদন এবং ইলেকট্রোপ্লেটিং এর কাজে Cd অক্সাইড ব্যবহার করা হয়; (ii) Cd সালফাইড পিগমেন্ট হিসেবে রঙিন কাচ, কাগজ, কাপড়, রাবার, ছাপার কালি প্রভৃতিতে ব্যবহৃত হয়; (iii) Cd ব্রোমাইড ও আয়োডাইড ফটোগ্রাফিতে ব্যবহৃত হয়; (iv) PVC প্লাস্টিক উৎপাদনে Cd স্টিয়ারেট স্থিতিস্থাপক হিসেবে কাজ করে।

এসব শিল্পক্ষেত্রে Cd ও তার যৌগের ব্যবহারের কারণে কোনো না কোনোভাবে তা পরিবেশে গিয়ে মিশে। বিভিন্ন কল কারখানা ও ধাতব বিগলন হতে Cd বায়ুমণ্ডলে মিশে। Cd এর মৌলিক গুণ হলো 2 টি; যেমন কণা আকারে ঠিক তেমনি আয়ন আকারে বাতাস ও পানি উভয় মাধ্যমেই থেকে খাদ্যশৃঙ্খলে প্রবেশ করে।

Pb ধাতু যুক্ত হওয়ার কারণ : লেড একটি ক্ষতিকর ভারী ধাতু। খনিতে গ্যালেনা (PbS) হিসেবে একে পাওয়া যায়। এ আকরিক হতে লেড ধাতু নিষ্কাশনকালে বর্জ্য হিসেবে লেড ধাতু পরিবেশে নির্গত হয়। মোটর গাড়িতে ব্যবহৃত লেড সঞ্চয়ী কোষের বা ব্যাটারির ইলেকট্রোড তৈরিতে ধাতব লেড এবং PbO ব্যবহার করা হয়। পুরানো ব্যাটারির সীসা পুনরায় ব্যবহারের জন্য এসবের রিসাইক্লিনিং করা হয়। এর ফলে লেড পরিবেশে যুক্ত হয়। সিরাজগঞ্জের যমুনা নদীর তীরে এরূপ একটি বৃহৎ লেড রিসাইক্লিনিং কারখানা প্রতিষ্ঠিত হয়েছে। এছাড়া শিল্পক্ষেত্রে, কীটনাশক, পাইপ তৈরি, সংকর ধাতু প্রস্তুতির সময়ও বর্জ্য হিসেবে লেড ধাতু পরিবেশে মিশে থাকে। অন্তঃদহন ইঞ্জিনে জ্বালানি পেট্রোলের সাথে এন্টিনক হিসেবে টেট্রাইথাইল লেড (TEL) ব্যবহারের ফলে এটি অতি সহজে বর্জ্য হিসেবে পরিবেশে চলে আসে। মোটরযান চলাচলের রাস্তার পাশের ধুলা, বালি ও মাটি নিয়ে পরীক্ষা করে দেখা গেছে তাতে 1000 হতে 4000 mg. kg^{-1}.Pb বর্তমান।

কয়লার দহনের ফলে এর মধ্যে উপস্থিত Pb যৌগ এর বাষ্পরূপে বায়ুতে ছড়িয়ে পড়ে। হার্বিসাইড লেড আর্সেনেট যুক্ত পাউডার এবং জৈব লেড যৌগের স্প্রে থেকেও লেড বায়ুতে অতিসহজে মিশে থাকে। বায়ু হতে এসব লেড যৌগ কোয়াগুলেশন ও সাসপেনশানের মাধ্যমে অধঃক্ষিপ্ত হয়ে মাটিতে ও জলাভূমিতে পরে Pb^{2+} হিসেবে প্রথমে মাটিতে ও পড়ে উদ্ভিদের দেহে প্রবেশ করে। লেড আর্সেনেট $Pb_3(AsO_4)_2$ নামক কীটনাশক থেকে Pb^{2+} আয়ন পানিতে ও মাটিতে প্রবেশ করে উদ্ভিদ হয়ে মানুষের খাদ্যশৃঙ্খলে প্রবেশ করে।

এ লেড বাষ্প হিসেবে, লেডের অজৈব যৌগ ও জৈব যৌগ হিসেবে উদ্ভিদ ও প্রাণিদেহে অধিশোষণের ফলে খাদ্যশৃঙ্খলে প্রবেশ করে মানুষের শরীরে গিয়ে পৌছায়। লেডের অজৈব যৌগগুলো বেশির ভাগই পানিতে দ্রবণীয়। লেডের জৈব যৌগগুলো অপোলার হওয়ায় এটি চর্বি বা লিপিডে দ্রবণীয়। তাছাড়া জৈব লেড যৌগসমূহ উদ্বায়ী হওয়ায় ত্বকে এটি খুব সহজে পরিশোষিত হয়। এটি প্রাণিদেহের টিস্যু কর্তৃক সহজেই শোষিত হয়। পানি বা মাটিতে সংক্রমিত লেড দ্রবণীয় Pb^{2+} আয়ন উৎপন্ন করে। Pb^{2+} আয়ন জলজ ও স্থলজ উদ্ভিদ কর্তৃক অতিসহজেই সংগৃহীত হয়। উদ্ভিদ থেকে খাদ্যশৃঙ্খলের মাধ্যমে মানুষের দেহে লেড সংক্রমিত হয়। Pb এর যৌগ টেট্রাইথাইল লেড শরীরের ত্বক দ্বারা শোষিত হয়।

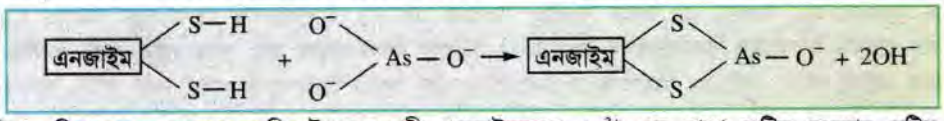
১.২২.২ | খাদ্যশৃঙ্খলে ভারী ধাতু (As, Cr, Pb, Cd) যুক্ত হওয়ার প্রভাব

খাদ্যশৃঙ্খলে ভারী ধাতু বিশেষ করে As, Cr, Pb ও Cd যুক্ত হওয়ার ফলে মারাত্মক বিরূপ প্রভাব পরিলক্ষিত হয়।

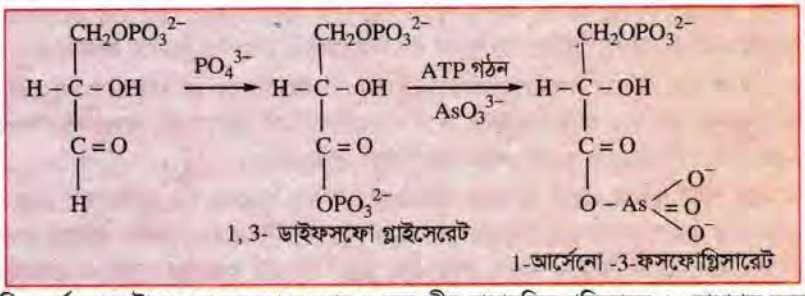
As-এর প্রভাব : খাদ্যশৃঙ্খলের মাধ্যমে শরীরে ক্রমাগতভাবে As এর মাত্রা বেড়ে যাওয়ার কারণে বিভিন্ন প্রকারের শরীরবৃত্তীয় সমস্যার সৃষ্টি হয়। এর কিছু প্রভাব নিচে উল্লেখ করা হলো–

(i) As সাধারণত প্রোটোপ্লাজমিক বিষ। তাই এটির প্রভাবে শরীরের সমস্ত অংশই আক্রান্ত হয়। জমাটকারী বিষ হিসেবে এর তিন ধরনের জীব রাসায়নিক প্রভাব পরিলক্ষিত হয়। ১. এনজাইমের সাথে জটিল অবস্থা গঠন। ২. ফসফোরাইলেশন প্রক্রিয়াকে বাধাপ্রদান করা। ৩. প্রোটিনের জমাট বাঁধতে সাহায্য করা।

As^{3+} খাদ্যশৃঙ্খলের মাধ্যমে শরীরে প্রবেশ করে এনজাইমের –S –H বন্ধনকে আক্রান্ত করে। ফলে এনজাইমের স্বাভাবিক ক্রিয়া ব্যাহত হয়।



সাইট্রিক এসিড চক্রে সেলুলার শক্তি উৎপাদনকারী এনজাইমসমূহ As^{3+} এর সাথে জটিল অবস্থার সৃষ্টির কারণে এনজাইমের কার্যক্ষমতা কমে যায়। এমনকি কোনো কোনো ক্ষেত্রে একেবারে বিনষ্ট হয়ে যায়। এর ফলে ATP উৎপাদনের হারও হ্রাস পায়।



As এর রাসায়নিক ধর্ম অনেকটা P এর অনুরূপ হওয়ায় P যুক্ত জীব রাসায়নিক প্রক্রিয়াকে As বাধাগ্রস্ত করে থাকে। ATP (অ্যাডেনসিন ট্রাইফসফেট) উৎপাদনে As মারাত্মকভাবে প্রভাব ফেলে। As এর কারণেই 1, 3 ডাইফসফো গ্লাইসেরেট উৎপন্ন না হয়ে 1–অ্যামিনো-3-ফসফো গ্লাইসেরেট উৎপন্ন হয়ে ATP উৎপাদনকে বাধাগ্রস্ত করে। AsH_3 লিগ্যান্ড হওয়ায় এটি হিমোগ্লোবিনের সাথে অতিসহজে যুক্ত হয়ে এর অক্সিজেন বহন ক্ষমতাকে হ্রাস করে থাকে। As^{3+} শরীরের লিপিড সমৃদ্ধ টিস্যুতে জমা হয়। As^{5+} শরীরের মাইটোকন্ড্রিয়ার শ্বসনে বিঘ্ন ঘটায় এবং ATP ভেঙে দিয়ে শক্তির উৎপাদনে প্রতিবন্ধকতা সৃষ্টি করে থাকে। শরীরে আর্সেনিকের মাত্রা বেড়ে গেলে চুল, নখ, ত্বকের উপর এর প্রতিক্রিয়া দেখা দেয়। শরীরে ত্বকের বিভিন্ন স্থানে কালো কালো ফোস্কা, হাতের ওপরের তালুতে ক্ষতের সৃষ্টি হয়। আর্সেনিক আক্রান্ত ব্যক্তির মৃত্যুও হতে পারে।

WHO এর প্রতিবেদন অনুযায়ী পানিতে আর্সেনিকের প্রমাণ মাত্রা হলো 0.05 mg L^{-1}. একজন ব্যক্তি প্রতিদিন ২ লিটার পানি পান করলে প্রতিদিন 1.0×10^{-4} g আর্সেনিক শরীরে জমা হয়, যা দেহের কোন ক্ষতি সাধন করতে পারে না।

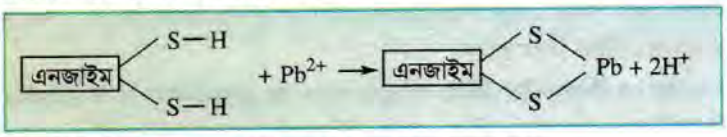
As এর As^{5+} অবস্থা কম ক্ষতিকর এবং মানুষের স্বাস্থ্যের জন্য প্রয়োজন। একজন পূর্ণ বয়স্ক মানুষের জন্য প্রতিদিন প্রায় 0.03 mg As^{5+} আবশ্যক।

Unfiled Notes Page 117

Cr-এর প্রভাব : খাদ্যশৃঙ্খলের মাধ্যমে Cr ধাতু শরীরে প্রবেশ করলে বৃক্কের রেনাল টিউবিউলে ক্ষতের সৃষ্টি হয়। ক্রোমিয়াম খাদ্যনালিতে আলসার এবং ক্যান্সারের সৃষ্টি করে। চর্মরোগ, ত্বকে অ্যালার্জিজনিত ক্রিয়া, ক্রনিক আলসার, নাকের পর্দায় ক্ষতের সৃষ্টি করতেও Cr মারাত্মক ভূমিকা রাখে। গর্ভবতী মায়ের দেহে খাদ্যশৃঙ্খলের মাধ্যমে Cr ধাতু প্রবেশ করলে গর্ভের শিশু ও ভ্রূণের মারাত্মক ক্ষতি হয়।

Cr এর Cr^{3+} অবস্থা শরীরের প্রয়োজনীয় ইনসুলিন ও প্রোটিন তৈরি করে। একজন পূর্ণ বয়স্ক মানুষের জন্য প্রতিদিন প্রায় 0.06 mg Cr^{3+} আবশ্যক।

Pb-এর প্রভাব : খাদ্যশৃঙ্খলের মাধ্যমে Pb শরীরে প্রবেশ করলে হিমোগ্লোবিন সংশ্লেষণ সাহায্যকারী এনজাইমকে নিষ্ক্রিয় করে হিমোগ্লোবিন উৎপাদনে বাধা দেয়। ফলে অ্যানিমিয়ার সৃষ্টি হয়। অন্যান্য ভারী ধাতুর ন্যায় সালফারের প্রতি খুব বেশি আসক্তির কারণ এনজাইমের – S – H বন্ধনকে ভেঙে দেয়।



এছাড়া লেড এনজাইমের কার্বক্সাইল ও ফসফোরাইল গ্রুপকেও আক্রমণ করে থাকে।

লেড ধাতু রক্তে হেম (heme) সংশ্লেষণে বাধা প্রদান করে, ফলে হিমোগ্লোবিন বিনষ্ট হয়। হেম সংশ্লেষণের জন্য প্রয়োজনীয় এনজাইমের কার্যকারিতা Pb বাধাগ্রস্ত করে। ফলে হিমোগ্লোবিন সংশ্লেষণ বিঘ্নিত হয়। লেডের মাত্রা বেড়ে গেলে কিডনি সিস্টেমের জটিলতা দেখা দেয়। শরীরের হাড়ের Ca কে Pb প্রতিস্থাপিত করে ঐ স্থানে স্থায়ীভাবে নিজে জমা হতে থাকে। জমাকৃত Pb আবার ফসফেট সহযোগে স্থানান্তরিত হয়ে নরম টিস্যুতে জমা হতে থাকে। ফলে দীর্ঘমেয়াদি বিষক্রিয়ার সৃষ্টি হয়। লেড ধাতু শিশুর মস্তিষ্ক কোষের বিভাজনের ক্ষেত্রে বাধা সৃষ্টি করে। ফলে শিশুর আই.কিউ এর মারাত্মক হ্রাস ঘটে।

শিল্পে Pb এর ব্যবহার প্রচুর। ব্যাটারির কারখানা, কাচ কারখানা, জাহাজ তৈরি, রবার ও ছাপা শিল্পে প্রভৃতি স্থানে Pb ব্যবহৃত হয়। একটি সিগারেটে 0.8 mg Pb থাকে। অতিরিক্ত ধূমপায়ী অনেক Pb গ্রহণ করে। এর অর্ধেকটাই শরীর নিয়ে নেয়। তাছাড়া রক্তে নিকোটিন থাকলে Pb এর শোষণ ক্ষমতা বেড়ে যায়। প্রাণী বা মানুষের ক্ষেত্রে Pb মূলত হাড়ে জমা হয়। অসুস্থ শরীরে এটির শোষণ অধিক হারে ঘটে। মানুষের রক্তে Pb এর পরিমাণ 0.8 ppm হলে একে বিষ বলে ধরা হয়। যকৃৎ এ Pb কে আরও বেশি বিষ টেট্রাইথাইল লেডে পরিণত করে থাকে।

Cd-এর প্রভাব : খাদ্যশস্য বিশেষ করে চাল, গম, ডাল এবং মাছ-মাংস প্রভৃতি খাদ্যশৃঙ্খলের মাধ্যমে Cd ধাতু মানুষের শরীরে প্রবেশ করে। Cd খুবই বিষাক্ত, কারণ মানুষের শরীরে এটি প্রতিহত হতে পারে না। শরীরের জমাকৃত Cd এর এক তৃতীয়াংশ জমা হয় কিডনিতে। এর প্রভাবে কিডনির কার্যক্ষমতা মারাত্মকভাবে হ্রাস পায়। শরীরে প্রয়োজনীয় ধাতব উপাদান Cu, Fe, Zn প্রভৃতিকে প্রতিস্থাপিত করে শরীর হতে এদেরকে অপসারণ করে। Cd ধাতু শোষণের ফলে সৃষ্ট রোগের নাম 'ইটাই ইটাই'। মানুষের শরীরের Cd 10 – 30 বছর পর্যন্ত থাকে, দস্তা ও তামার উপস্থিতিতে এর বিষক্রিয়া আরো অধিক হারে বৃদ্ধি পেয়ে থাকে। শরীরে Cd এর পরিমাণ বেড়ে গেলে হাইপারটেনশন, অন্ত্রের অসুবিধা, গ্লুকোসোরিয়া, হাইপারক্যালসিইউরিয়া, কিডনিতে পাথরের সৃষ্টি প্রভৃতি উপসর্গ দেখা দেয়।

মানুষের শরীরের রক্তে Cd এর স্বাভাবিক মাত্রা 10 ppb এবং পানীয় জলে এর সহনীয় মাত্রা 5 ppb. বৃদ্ধ বয়সে মানুষের অস্থিসন্ধিতে তীব্র যন্ত্রণায় মূল কারণ Cd এর বিষক্রিয়া। Cd^{2+} আয়ন হাড়ের Ca^{2+} আয়নকে অপসারিত করে বলে হাড়ের ক্ষয় এবং হাড়ের ভঙ্গুরতা বৃদ্ধি পায়। Cd^{2+} আয়ন এনজাইম হতে Zn^{2+} আয়নকে প্রতিস্থাপন করে থাকে।

১.২৩ দ্রবণের প্রকারভেদ ও দূষক পদার্থসমূহ বায়ু ও পানিতে দ্রবীভূত থাকার কৌশল

(Types of Solution & dissolving techinques of Pollutants in Air and Water)

১.২৩.১ দ্রবণের প্রকারভেদ (Types of Solution)

দ্রবণ : দুই বা ততোধিক কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় পদার্থের সমসত্ত্ব মিশ্রণ, যার প্রতিটি উপাদানের আপেক্ষিক পরিমাণকে একটি নির্দিষ্ট সীমা পর্যন্ত পরিবর্তন করা যায়, তাকে দ্রবণ বলা হয়ে থাকে।

দ্রবণের দুটি অংশ– একটি দ্রাবক এবং অপরটি দ্রব। অর্থাৎ, দ্রবণ = (দ্রাবক + দ্রব)

দ্রাবক : দুটি উপাদানের সমন্বয়ে উৎপন্ন দ্রবণে যে উপাদানটির আপেক্ষিক পরিমাণ বেশি থাকে, অর্থাৎ যে উপাদান অপর উপাদানকে দ্রবীভূত করে তাকে দ্রাবক বলা হয়ে থাকে। সাধারণত দ্রাবকের ভৌত অবস্থাই দ্রবণের ভৌত অবস্থা নির্ধারণ করে থাকে। তবে কেবল ভৌত অবস্থা বিচার করে দ্রবণের কোন উপাদানটি দ্রাবক তা সব সময় বলা যায় না। দ্রবণের মধ্যে দ্রাবক ও দ্রবকে চেনার প্রচলিত নিয়ম হলো–

(ক) দ্রবণের ভৌত অবস্থা যে উপাদানটির বিশুদ্ধ অবস্থার মতো হয় এবং দ্রবণে যে উপাদানটির আপেক্ষিক পরিমাণ সবচেয়ে অধিক সেটি হলো ঐ দ্রবণের দ্রাবক। যেমন, চিনির জলীয় দ্রবণে পানি দ্রাবক।

(খ) দ্রবণের ভৌত অবস্থা যদি উপাদান দুটির বিশুদ্ধ অবস্থার মতো হয়, তবে দ্রবণের যে উপাদানটির আপেক্ষিক পরিমাণ বেশি সেটিই হবে দ্রাবক। যেমন, ইথানল ও পানির দ্রবণ।

(গ) দ্রবণের ভৌত অবস্থা যদি উপাদান দুটির বিশুদ্ধ অবস্থার মতো হয় এবং দ্রবণে উপাদান দুটি সমপরিমাণে থাকে, তবে সেক্ষেত্রে যেকোনো উপাদানকেই দ্রাবক বলা যেতে পারে।

দ্রব : দুটি উপাদানের সমন্বয়ে উৎপন্ন দ্রবণে যে উপাদানটির আপেক্ষিক পরিমাণ কম তাকে দ্রব বলা হয়ে থাকে। দ্রব, দ্রাবকের মধ্যে দ্রবীভূত হয়।

দ্রবণে দ্রব ও দ্রাবকের ভৌত অবস্থা কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় হতে পারে। দ্রব ও দ্রাবকের ভৌত অবস্থার উপর ভিত্তি করে দ্রবণকে নিম্নলিখিত শ্রেণিতে ভাগ করা হয়ে থাকে।

দ্রব	দ্রাবক	উদাহরণ
গ্যাসীয়	গ্যাসীয়	পরস্পরের সাথে বিক্রিয়া করে না এরূপ দুই বা ততোধিক গ্যাসের মিশ্রণ। যেমন H_2 ও He গ্যাসের মিশ্রণ; CO_2, N_2 ও O_2 গ্যাসের মিশ্রণ। প্রকৃতপক্ষে বায়ু এ শ্রেণির উৎকৃষ্ট উদাহরণ।
গ্যাসীয়	তরল	NH_3 গ্যাসকে পানিতে দ্রবীভূত করলে, HCl গ্যাসকে পানিতে দ্রবীভূত করলে, CO_2 গ্যাসকে পানিতে দ্রবীভূত করলে।
গ্যাসীয়	কঠিন	প্যালাডিয়াম (Pd), প্লাটিনাম (Pt) প্রভৃতি ধাতু দ্বারা H_2 গ্যাস শোষিত হয়ে এরূপ দ্রবণ উৎপন্ন করে থাকে।
তরল	গ্যাসীয়	জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত বায়ু এরূপ দ্রবণের উদাহরণ।
তরল	তরল	ইথানল ও পানি, বেনজিন ও টলুইন এরূপ দ্রবণের উদাহরণ।
তরল	কঠিন	পারদ সংকর এরূপ দ্রবণের উদাহরণ। সোডিয়াম অ্যামালগাম (Na–Hg), জিংক অ্যামালগাম (Zn–Hg) ইত্যাদি।
কঠিন	তরল	চিনি ও পানির দ্রবণ, NaCl ও পানির দ্রবণ।
কঠিন	কঠিন	ধাতু সংকর এ জাতীয় দ্রবণের উদাহরণ। যেমন পিতল (Cu ও Zn), জার্মান সিলভার (Cu, Zn, Ni), ক্রোম ইস্পাত (Fe, Cr, C) ইত্যাদি।

যে দ্রবণে পানি দ্রাবক হিসেবে থাকে তাকে জলীয় দ্রবণ এবং পানি ব্যতীত অন্য কোনো তরল দ্রাবক হিসেবে থাকলে তাকে অজলীয় দ্রবণ (non-aqueous solution) বলে। বেনজিন, টলুইন, ইথার, অ্যালকোহল, ইথানোয়িক এসিড, কেরোসিন ইত্যাদি অজলীয় জৈব দ্রাবক এবং অ্যামোনিয়া, সালফার ডাইঅক্সাইড, কার্বন ডাইসালফাইড হলো অজৈব দ্রাবক।

এছাড়াও একই দ্রাবকে বিভিন্ন দ্রব দ্রবীভূত হয়ে মিশ্র দ্রবের দ্রবণও উৎপন্ন করে থাকে।

১.২৩.২ দ্রবণের কয়েকটি বিশেষ ধর্ম ও গুণাবলি (Some Special Characteristics and Propertics of Solution)

দ্রবণের কতকগুলো বিশেষ ধর্ম পরিলক্ষিত হয়। যেমন–

১. **উপাদানের অনুপাত :** দ্রবণ, দ্রব ও দ্রাবকের সমসত্ত্ব মিশ্রণ বলে দ্রবণের যেকোনো অংশের ভৌতধর্ম ও উপাদানের অনুপাত একই থাকে।

২. **বর্ণ :** দ্রবণের বর্ণ দ্রবণের উপস্থিত দ্রবের আয়নের বর্ণের উপর নির্ভর করে। যেমন,

Cu^{2+} আয়ন নীল বলে, $CuSO_4$ এর জলীয় দ্রবণ নীল বর্ণ।

MnO_4^- আয়ন বেগুনি বলে, $KMnO_4$ এর জলীয় দ্রবণ বেগুনি বর্ণ।

Cr^{3+} আয়ন সবুজ বলে, $Cr_2(SO_4)_3$ এর জলীয় দ্রবণ সবুজ বর্ণ।

Fe^{3+} আয়ন হলুদ বলে, $FeCl_3$ এর জলীয় দ্রবণ হলুদ বর্ণ।

৩. **ধর্ম :** দ্রবণে, দ্রবন ও দ্রাবকের নিজস্ব ধর্মের কোনো পরিবর্তন ঘটে না। তবে কিছু কিছু দ্রবণ প্রস্তুতির সময় তাপের উদ্ভব বা শোষণ ঘটে থাকে। যেমন, H_2SO_4, NaOH, CaO, $Al_2(SO_4)_3$ এর জলীয় দ্রবণ প্রস্তুতির সময় তাপের সৃষ্টি হয়। কিছু NH_4Cl, KNO_3 এর জলীয় দ্রবণ প্রস্তুতির সময় তাপের শোষণ ঘটে।

৪. **দৃশ্যতা :** দ্রবণে, দ্রবের কণাসমূহ এত সূক্ষ্ম যে অতি শক্তিশালী অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যেও এদের দেখা যায় না।

৫. **দ্রাবকের হিমাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক :** প্রতিটি বিশুদ্ধ তরলের নির্দিষ্ট হিমাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক থাকে। কিন্তু তরলে দ্রাবকে কঠিন দ্রব দ্রবীভূত করলে হিমাঙ্কের অবনমন ঘটে এবং স্ফুটনাঙ্কের উন্নয়ন ঘটে।

৬. **বাষ্প চাপ :** বিশুদ্ধ অবস্থায় দ্রাবকের বাষ্প চাপ, দ্রবণের বাষ্প চাপ অপেক্ষা বেশি।

৭. **তাপমাত্রার প্রভাব :** তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে তরল দ্রাবকে কঠিন দ্রবের দ্রাব্যতা সাধারণত বৃদ্ধি পায়। যেমন, 40°C তাপমাত্রায় পানিতে KNO_3 এর দ্রাব্যতা সাধারণত বৃদ্ধি পায়। যেমন, 40°C তাপমাত্রায় পানিতে KNO_3 এর দ্রাব্যতা 65, কিন্তু 50°C তাপমাত্রায় KNO_3 এর দ্রাব্যতা 85। তবে এ বিপরীত প্রভাবও দেখা যায়। যেমন, তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে CaO এর দ্রাব্যতা হ্রাস পায়। $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ এর ক্ষেত্রে 32.4° সে. তাপমাত্রা পর্যন্ত দ্রাব্যতা বৃদ্ধি পায় কিন্তু তাপমাত্রা এর উপরে গেলে দ্রাব্যতার হ্রাস ঘটে।

তরল দ্রাবকে গ্যাসীয় দ্রব দ্রবীভূত হওয়ার ক্ষেত্রে তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে দ্রাব্যতার হ্রাস ঘটে। কক্ষ তাপমাত্রায় পানিতে CO_2 গ্যাস কিছুটা হলেও দ্রবণীয়। এ দ্রবণকে উত্তপ্ত করে ফুটালে দ্রবণীয় CO_2 গ্যাস সম্পূর্ণভাবে দ্রবণ থেকে বেরিয়ে আসে।

৮. **চাপের প্রভাব :** তরল দ্রাবকে গ্যাসীয় দ্রব দ্রবীভূত হওয়ার ক্ষেত্রে চাপের প্রভাব বিশেষভাবে পরিলক্ষিত হয়। এক্ষেত্রে চাপ বাড়ালে দ্রবের দ্রাব্যতা বেড়ে যায়, আর চাপ কমালে দ্রাব্যতা কমে যায়। তরল পানীয় যেমন– কোকাকোলা, স্প্রাইট, 7up প্রভৃতির বোতলের ছিপি খোলার সাথে সাথে চাপ কমে যায়। ফলে অতিরিক্ত চাপে দ্রবীভূত অতিরিক্ত CO_2 গ্যাস বুদবুদ আকারে দ্রুত বেড়িয়ে আসে।

১.২৩.৩ দূষক পদার্থসমূহ বায়ুতে দ্রবীভূত থাকার কৌশল (Dissolving techniques of Pollutants in Air)

বায়ুমণ্ডলের নিম্নাংশের বাতাসে স্বাভাবিক বায়ুর উপাদানের সংযুক্তি ছাড়াও মানুষ সৃষ্ট ও প্রাকৃতিক কারণে উৎপাদিত বিভিন্ন পদার্থ নির্দিষ্ট মাত্রার অতিরিক্ত পরিমাণে মিশে থাকে। যেমন ঘনকুয়াশা, আগ্নেয়গিরি থেকে উৎপন্ন ধোঁয়া, উড়ন্ত কণা, ব্যাকটেরিয়া, পরাগরেণু, দাবানল ইত্যাদি প্রাকৃতিক কারণ। এসব উপাদান বায়ুমণ্ডলে মিশে পরিবেশের ভারসাম্য নষ্ট করে, প্রত্যক্ষ ও পরোক্ষভাবে প্রাণী ও উদ্ভিদের জন্য ক্ষতির কারণ হয় তবে সেসব পদার্থকে দূষক পদার্থ বলা হয়ে থাকে। মানুষের সৃষ্ট কারণে সেসব দূষক পদার্থ বাতাসে মিশে তাদের মধ্যে CO, CO_2, NOx, SO_2, CFC, H_2S, হাইড্রোকার্বন, তেজস্ক্রিয় পদার্থ, জৈব ফসফেট, সীসা, পারদকণা, জৈব উপাদান, ধোঁয়া ইত্যাদি প্রধান। প্রাকৃতিক কারণ যেমন দাবানল, আগ্নেয়গিরি, ধুলোঝড় প্রভৃতি কারণে CO, CO_2, NOx, H_2S, SO_2 এবং ধুলাবালির সূক্ষ্মকণা দূষক পদার্থ হিসেবে ব্যাপন প্রক্রিয়ার মাধ্যমে বায়ুতে মিশে থাকে।

তবে বায়ু দূষণের ক্ষেত্রে প্রাকৃতিক কারণ অপেক্ষা মানুষ সৃষ্ট কারণে বায়ুর দূষণ ঘটে হাজার গুণ বেশি। অতিরিক্ত জনসংখ্যার বৃদ্ধি, শিল্পায়ন, অতিমাত্রায় মোটরযানের ব্যবহার, পরিবেশ অসচেতনতা সর্বোপরি জীবনকে আরও গতিময় ও ভোগবিলাসে পরিণত করার কারণে বায়ু দূষণের মাত্রা মারাত্মকভাবে বেড়ে ভয়ঙ্কর পরিণতির দিকে এগিয়ে যাচ্ছে। এসব দূষক উপাদান বিভিন্নভাবে প্রকৃতিতে শোষিত হওয়ার পর বাকী অংশ বাতাসে ভেসে বেড়ায়। দূষকসমূহ যে হারে উৎপন্ন হয় প্রাকৃতিক আধার কর্তৃক শোষিত হয় তার চেয়ে অনেক কম। ফলে বাতাসে দূষক উপাদানের মাত্রা ক্রমান্বয়ে বেড়েই চলছে।

ইঞ্জিন চালিত পরিবহন; যেমন মোটরগাড়ি, ট্রাক, রেলগাড়ি, উড়োজাহাজ, বিভিন্ন জলযান, ট্রাক্টরসহ বিভিন্ন কৃষি যন্ত্রপাতির ইঞ্জিনে তরল জীবাশ্ম জ্বালানি দহন হয়ে CO, CO_2, SO_2, NOx, H_2S, কার্বনকণা, সীসা কণা, হাইড্রোকার্বন প্রভৃতি দূষক পদার্থ বায়ুতে এসে ব্যাপন প্রক্রিয়ায় সরাসরি মিশে থাকে।

জৈব উৎস হতে উৎপন্ন দূষক; যেমন হাইড্রোকার্বন, অ্যালডিহাইড, কিটোন, অ্যামিন, অ্যালকোহল প্রভৃতি সরাসরি বায়ুতে এসে এবং বায়ুমণ্ডলে রাসায়নিক বা আলোক রাসায়নিক বিক্রিয়ার মাধ্যমে বায়ু দূষণ ঘটিয়ে থাকে। উদাহরণস্বরূপ, অ্যাসিটোন বা প্রোপানোন বায়ুতে এসে আলোক রাসায়নিক বিক্রিয়ার মাধ্যমে পারঅক্সাইল রেডিক্যাল উৎপন্ন করে যা পরবর্তীতে NO_2 এর সাথে বিক্রিয়া করে মারাত্মক বিষাক্ত পারঅক্সাইল অ্যাসাইল নাইট্রেট (PAN) উৎপন্ন করে। এ PAN ধোঁয়াশা সৃষ্টি করতে সহায়তা করে।

$$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_3 + h\upsilon \longrightarrow \dot{C}H_3 + CH_3-\dot{C}O; \qquad CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}^{\bullet} + O_2 \longrightarrow CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-O^{\bullet}$$

$$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-\dot{O} + NO_2 \longrightarrow CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-O-NO_2\ (PAN)$$

বায়ু দূষক পদার্থসমূহের বায়ুতে দ্রবীভূত থাকা অনেক কৌশলের মধ্যে মাত্র একটি উদাহরণ।

তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্র, শিল্প প্রক্রিয়াকরণ, সাধারণ কারখানা হতে নির্গত SO_2, CO_2, CO, NOx, H_2S, NH_3, ধোঁয়া সরাসরি বায়ুতে মিশে বায়ু দূষণ ঘটায়। নিউক্লিয়ার বিদ্যুৎ কেন্দ্র হতে নির্গত বর্জ্যের বিভিন্ন তেজস্ক্রিয় পদার্থ বায়ু দূষক পদার্থ হিসেবে বিশেষ ভূমিকা রাখে।

এছাড়া প্রাকৃতিকভাবে দাবানল, আগ্নেয়গিরি, প্রাকৃতিক গ্যাস ও মার্শগ্যাস নির্গমন, বায়ুমণ্ডলের ঘূর্ণিঝড়ের কারণে সৃষ্ট ধূলিকণা মারাত্মকভাবে বায়ু দূষক পদার্থ সৃষ্টি করে বায়ুর দূষণ ঘটায়।

১.২৩.৪ | দূষক পদার্থসমূহ পানিতে দ্রবীভূত থাকার কৌশল (Dissolving Techniques of Pollutants in water)

প্রাকৃতিক কারণে যা মানুষের বেশ কিছু অনিয়ন্ত্রিত কার্যকারিতার ফলে এক বা একাধিক ক্ষতিকারক পদার্থের পানি যুক্ত হওয়ার ফলে পানির ভৌত রাসায়নিক এবং জীব রাসায়নিক ধর্মের ও পানীয়গুণের ক্ষতিকর পরিবর্তন ঘটে তাকে পানি দূষণ বলা হয়ে থাকে। পানিতে উপস্থিত উপাদানসমূহ যার কারণে মানুষের শরীর তথা সমগ্র উদ্ভিদ ও প্রাণীর জন্য ক্ষতির কারণ হয়ে দাঁড়ায় তাদেরকে পানি দূষণকারী পদার্থ বলা হয়ে থাকে।

সকল প্রাকৃতিক উৎসের পানির মধ্যেই কিছু না কিছু পরিমাণে Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{2+}, Mn^{2+}, Na^{+}, Al^{3+}, Si^{4+}, F^{-}, Cl^{-}, NO_3^{-}, PO_4^{3-}, CO_3^{2-}, HCO_3^{-} প্রভৃতি দূষক আয়নিত হয়ে পানিতে আয়নিক অবস্থায় দ্রবীভূত থাকে। তবে দূষক পোরার অণু হলে ডাইপোল-ডাইপোল ক্রিয়ায় পানিতে দ্রবীভূত হয় এবং পানির দূষণ ঘটায়। এক্ষেত্রে " Like solute like solvent" নীতি অনুসরণ করা হয়। অপোলার জৈব দূষকসমূহের হাইড্রেশন এনথালপির মান উহার ল্যাটিস এনথালপি অপেক্ষা অধিক হওয়ায় এরা পানিতে দ্রবীভূত হয়। এর বেশির ভাগই আমাদের শরীরের বৃদ্ধি ও বিকাশের জন্য অত্যন্ত প্রয়োজনীয় উপাদান। কিন্তু এসব উপাদান সহনীয় মাত্রার (TLV) চেয়ে বেশি থাকলে তাকে আমরা অবশ্যই দূষক পদার্থ বলবো। যেমন পানীয় জলে Ca থাকাটা খুবই জরুরি কিন্তু এর মাত্রা 200 ppm এর অধিক হলে তা দূষক পদার্থ হিসেবে কাজ করে।

পানি দূষণের উৎসসমূহকে দুভাগে ভাগ করা হয়ে থাকে। ১. প্রাকৃতিক উৎসসমূহ ও ২. মানুষ সৃষ্ট উৎসসমূহ।

প্রাকৃতিক উৎসের মধ্যে পাহাড়ের ধ্বস নামা, আগ্নেয়গিরি হতে নির্গত পদার্থ, ভূমিক্ষয়, সুনামি, টর্নেডো, জলোচ্ছ্বাস প্রভৃতি কারণে পানির দূষণ ঘটে। বন্যার ফলে প্রচুর জলজ উদ্ভিদ ও প্রাণী নিমজ্জিত হয়। এগুলোর পচনের ফলে পানির বিশুদ্ধতা নষ্ট হয়।

তবে প্রাকৃতিক উৎস থেকে পানির দূষণ যতটা ঘটে মানুষ সৃষ্ট উৎস থেকে পানির দূষণের মাত্রা কয়েক হাজার গুণেরও বেশি। মানুষ সৃষ্ট উৎসগুলোর মধ্যে বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য উৎস হলো–

১. শিল্প-কারখানার বর্জ্য; ২. গৃহস্থালির ব্যবহৃত পানি; ৩. মানুষ ও অন্যান্য প্রাণীর মল-মূত্র; ৪. কৃষিক্ষেত্র হতে বর্জ্য; ৫. প্রাণীর মৃতদেহ; ৬. যানবাহন সংক্রান্ত উৎস; ৭. তেল; ৮. নাগরিক অসচেতনতা।

১. **শিল্প-কারখানার বর্জ্য :** অধিকাংশ মাঝারি ও বৃহৎ শিল্প-কারখানা নদী বা সমুদ্রের তীরে গড়ে উঠে। এসব শিল্প-কারখানার বর্জ্য পানির দূষণ ঘটায়। যেমন চামড়া শিল্প হতে Cd^{2+}, Cr^{4+}, Cl^{-}; ক্ষার শিল্প হতে Hg^{2+}; সার শিল্পের NH_3; ব্যাটারি তৈরির কারখানা হতে Pb^{2+}; কীটনাশক তৈরির কারখানা হতে Hg^{2+}, As^{3+} প্রভৃতি ভারী ধাতু এবং ট্রেস মৌলসমূহ পানিতে মিশে গিয়ে মারাত্মকভাবে পানির দূষণ ঘটায়। পেট্রোল, গ্যাসোলিনে ব্যবহৃত এন্টিনক যৌগ TEL হতেও উৎপন্ন লেড পানির দূষণ ঘটায়। এসব দূষক আয়নিত হয়ে পানিতে দ্রবীভূত হয়ে পানির দূষণ ঘটায়।

২. **গৃহস্থালির ব্যবহৃত পানি :** পৌর এলাকার গৃহস্থালির ব্যবহৃত পানি, জামা-কাপড় ধোয়ার পানি, রান্না ঘরের ধৌত পানি সরাসরি ড্রেনের মাধ্যমে নদীর পানিতে গিয়ে মিশে থাকে। এর ফলে বিভিন্ন অজৈব ধাতব কণা ও জৈব পদার্থ পানিতে আয়নিত হয়ে পানির দূষণ ঘটায়।

৩. **মানুষ ও অন্যান্য প্রাণীর মল-মূত্র :** মানুষ ও অন্যান্য প্রাণীর মল-মূত্র পানিতে মিশে মারাত্মকভাবে পানির দূষণ ঘটায়।

৪. **কৃষিক্ষেত্র হতে দূষণ :** কৃষিক্ষেত্রে প্রয়োগকৃত অতিরিক্ত সার ও কীটনাশক ধুয়ে নদী, পুকুর ও অন্যান্য জলাশয়ে মিশে পানির নাইট্রোজেন, ফসফরাস ও অন্যান্য বিষাক্ত উপাদানের বৃদ্ধি ঘটায়। এসব দূষকসমূহ বেশির ভাগই আয়নিত হয়ে দ্রবীভূত হয়।

৫. **প্রাণীর মৃতদেহ :** বন্যা, টর্নেডো, ঘূর্ণিঝড়, টাইফুন ইত্যাদির কারণে প্রাণীর মৃত্যু ঘটে এবং সেগুলোর পচনের ফলে পানির বিশুদ্ধতা নষ্ট হয়।

৬. **যানবাহন সংক্রান্ত উৎস :** মোটরযানে ব্যবহৃত পেট্রোল ও গ্যাসোলিনের ব্যবহৃত লেড পানিতে মিশে গিয়ে পানির দূষণ ঘটায়। মোটরযানের তেল, গ্রিজ, মবিল পানিতে মিশে গিয়ে পানির দূষণ ঘটায়।

৭. **তেল :** পৃথিবীতে প্রতিবছর প্রায় 25 – 27 বিলিয়ন ব্যারেল জ্বালানি তেল ব্যবহৃত হয়। এর কিছু অংশ বিভিন্নভাবে পানিতে এসে মিশে থাকে। ইচ্ছাকৃত বা দুর্ঘটনাবসত নদী, সাগর, মহাসাগরে অপরিশোধিত তেল ছড়িয়ে পড়তে পারে। WHO এর পরিসংখ্যান অনুযায়ী প্রতিবছর 10 মিলিয়ন মেট্রিক টন পেট্রোলিয়াম হাইড্রোকার্বন বিভিন্ন কারণে সাগরের পানিতে মিশে থাকে।

৮. **নাগরিক অসচেতনতা :** নাগরিক অসচেতনতার কারণেও পানির দূষণ ঘটে। রোগীর কাপড় ধোয়া, পানিতে ময়লা আবর্জনা ফেলা, পানিতে গৃহপালিত পশুকে গোসল করানো, জলাশয়ের পাশে মল-মূত্র ত্যাগ প্রভৃতি কারণেও পানির দূষণ ঘটে। পৌর আবর্জনা পানিতে ফেলার কারণেও পানির দূষণ ঘটে।

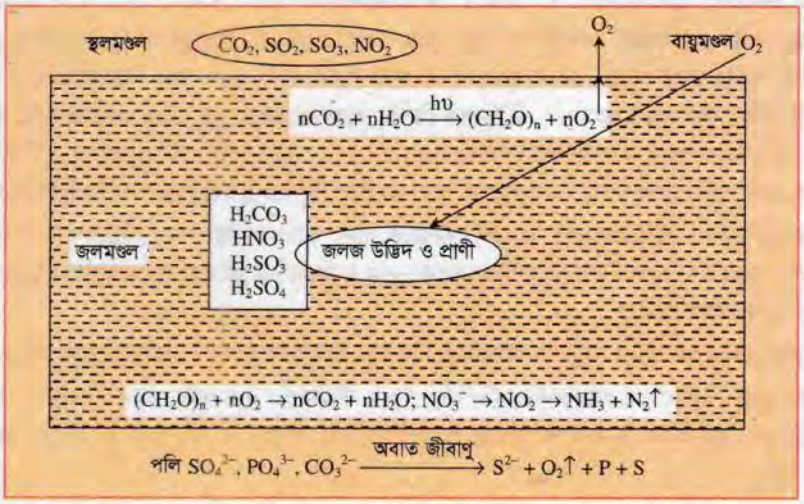
পানিতে দূষক পদার্থসমূহের কৌশল ভিন্ন রকম। বড় জলাশয়ের পানির স্তরকে গভীরতার উপর ভিত্তি করে একে ভাগ করা হয়ে থাকে। পানির গভীরতা বৃদ্ধির সাথে সাথে পানির স্তরের তাপমাত্রার হ্রাস ঘটে। তাছাড়া ঋতু পরিবর্তনের জন্যও পানির তাপমাত্রার পার্থক্য ঘটে। পানির বিভিন্ন স্তরে বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে থাকে।

(ক) পানির উপরের স্তর বা 10 – 12 মিটার পর্যন্ত তাপমাত্রা 20 – 30°C এর মধ্যে থাকে। এখানে বায়ু ও আলোর উপস্থিতির জন্য সবুজ শেওলার উৎপত্তি হয়। ফলে সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়া চলে। এ স্তরে জলজ ক্ষুদ্রজীব ও উচ্চতর জীব বসবাস করে। সবুজ শেওলা বায়ুর এবং পানিতে দ্রবীভূত CO_2 ও CO_3^{2-} থেকে সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় O_2 উৎপন্ন করে। উৎপন্ন O_2 কিছু পানিতে দ্রবীভূত হয়ে বাকী O_2 বায়ুতে মুক্ত হয় এবং H_2CO_3 জনিত পানির অম্লতার হ্রাস ঘটে।

$$nCO_2 + nH_2O \xrightarrow{h\upsilon} (CH_2O)_n + O_2\uparrow$$

(খ) পানির 12 মিটার নিচের স্তরের তাপমাত্রা প্রায় 15 – 17°C থাকে। এ স্তর উপরের বায়ু ও আলোর সংস্পর্শ স্তর ও নিচের অবাত (anaerobic) স্তরের মধ্যে ভৌত সীমারেখা সৃষ্টি করে থাকে।

(গ) 20 মিটার নিচের স্তরের তাপমাত্রা 7 – 10°C এর মধ্যে থাকে। এ স্তরটি বায়ুমণ্ডল হতে সম্পূর্ণভাবে বিচ্ছিন্ন থাকায় এখানে O_2 থাকে না। এ স্তরে O_2 না থাকায় এ স্তরে আসা জৈব পদার্থসমূহের জৈব রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় পচনের জন্য পানিতে দ্রবীভূত O_2 সম্পূর্ণভাবে গৃহীত হয়। এ কারণে এ স্তরে পানিতে O_2 প্রায় থাকে না বললেই চলে। O_2 না থাকার জন্য এ স্তরে অবাত (anaerobic)



চিত্র ১.২৩ : বায়ুমণ্ডল, স্থলমণ্ডল ও জলমণ্ডলের মধ্যে দূষক পদার্থের গতিশীল সামাবস্থা

জীবাণুসমূহের পরিমাণে বৃদ্ধি ঘটে। ফলে বিজারণ ক্রিয়া সংঘটিত হয়ে থাকে। পানিতে উৎপাদিত NO_3^-, SO_4^{2-} ও PO_4^{3-} লবণসমূহ বিজারিত হয়। ফলে পানি HNO_3, H_2SO_4 ও H_3O_4 অম্লমুক্ত হয়।

$NO_3^- \longrightarrow NO_2^- \longrightarrow NH_3 \longrightarrow N_2\uparrow$; $SO_4^{2-} \longrightarrow H_2S$; $PO_4^{3-} \longrightarrow PO_3^{3-} \longrightarrow P$

(ঘ) 35 মিটার নিচের স্তরের পানির তাপমাত্রা প্রায় 4°C। এ স্তরে পানিতে উচ্চ আণবিক ভরবিশিষ্ট জৈব পদার্থসমূহ, ভারী ধাতুর সালফেট, সালফাইড লবণসমূহ এবং অবাত জীবাণুসমূহের পলিস্তরের সৃষ্টি হয়।

চিন্তা করে উত্তর দাও – ১.৩৮ :

১. ভূগর্ভস্থ পানির আর্সেনিক দূষণ প্রাকৃতিক দূষণ কেন?

২. উন্নয়নশীল দেশগুলোর ক্ষেত্রে আগামীতে ই-বর্জ্যই হবে প্রধান মনুষ্য সৃষ্টি বর্জ্য– ব্যাখ্যা কর।

৩. খাদ্যশৃঙ্খলে As, Cr, Pb, Cd প্রভৃতি ভারী ধাতু যুক্ত হওয়ার কারণই মানুষের শরীরের বিভিন্ন রোগ ব্যাখ্যা কর। সৃষ্টির প্রধান কারণ–

সারসংক্ষেপ

ঘূর্ণিঝড় : গভীর সমুদ্রে তাপমাত্রা, চাপ, বায়ুমণ্ডলে জলীয় বাষ্পের পরিমাণের পরিবর্তনজণিত কারণে সমুদ্রের উপরের বায়ুমণ্ডলে নিম্ন চাপের সৃষ্টি হয়। তখন চারদিকের ভারী বায়ু প্রবল বেগে ধাবিত হয়ে ঘুরতে ঘুরতে ওপরের দিকে ওঠে যায় এবং স্থলভাগের দিকে তীব্রবেগে প্রবাহিত হতে থাকে। একে ঘূর্ণিঝড় বলে।

গ্লোবাল ওয়ার্মিং : বিভিন্ন ধরনের জীবাশ্ম জ্বালানির দহনের ফলে উৎপন্ন বর্জ্য গ্যাসে CO, CO_2, SO_2, SO_3, NO_2, CH_4 ও CFC গ্যাসসমূহ বায়ু দূষক হিসেবে বর্তমান থেকে বায়ুর দূষণ ঘটায় এবং বায়ুমণ্ডলের তাপমাত্রার বৃদ্ধি ঘটায়। একে গ্লোবাল ওয়ার্মিং বলে।

গ্রিন হাউজ গ্যাস : CO_2, N_2O, CH_4, O_3, CFC ও জলীয় বাষ্পকে গ্রিন হাউজ গ্যাস বলে।

পরমশূন্য তাপমাত্রা : – 273°C তাপমাত্রাকে পরমশূন্য তাপমাত্রা বলে।

সমচাপ লেখ : স্থির চাপে কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন ও তাপমাত্রার সম্পর্ক যে লেখচিত্রের সাহায্যে প্রকাশ করা হয় তাকে সমচাপ লেখ বলা হয়ে থাকে।

সন্ধিতাপ মাত্রা : প্রতি গ্যাসের ক্ষেত্রে একটি সুনির্দিষ্ট তাপমাত্রা আছে যে তাপমাত্রার উপরে গ্যাসকে যথেষ্ট চাপ প্রয়োগ করেও তরল করা সম্ভবপর হয় না।

সম-আয়তনীয় লেখ : স্থির আয়তনে কোনো গ্যাসের চাপ ও তাপমাত্রা সম্পর্ক যে লেখচিত্রের সাহায্যে প্রকাশ করা হয় তাকে সম-আয়তনীয় লেখ বলা হয়ে থাকে।

আদর্শ গ্যাস : যে সকল গ্যাস সকল অবস্থায় আদর্শ গ্যাস সূত্র $PV = nRT$ মেনে চলে তাকে আদর্শ গ্যাস বলে।

বাস্তব গ্যাস : যে গ্যাস সকল অবস্থায় আদর্শ গ্যাস সূত্র $PV = nRT$ মেনে চলে না তাকে বাস্তব গ্যাস বলে। বায়ুমণ্ডলের N_2, O_2, CO_2 প্রভৃতি গ্যাসসমূহ বাস্তব গ্যাস।

ব্যাপন : অধিক ঘনত্বের স্থান থেকে কম ঘনত্বের স্থানের দিকে কোনো কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় উপাদানের কণা বা অণুসমূহের স্বতঃস্ফূর্ত ও সমভাবে পরিব্যাপ্ত হওয়ায় প্রক্রিয়াই ব্যাপন।

LPG : তরলীকৃত পেট্রোলিয়াম গ্যাস। সাধারণত বিউটেন ও প্রোপেনকে সন্ধি তাপমাত্রা বা তার নিচের তাপমাত্রায় এনে উচ্চ চাপ প্রয়োগ করে একে তরলে পরিণত করা হয়। এ তরল গ্যাসকে স্টিলের সিলিন্ডারে ভর্তি করা হয়।

DO : পানিতে দ্রবীভূত অক্সিজেনই DO। পানিতে জলজ উদ্ভিদ, পানি বা অণুজীবের বেঁচে থাকার জন্য দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণ 4 – 6 ppm এর কম হলে এদের বেঁচে থাকা খুবই কঠিন হয়ে পড়ে।

খাদ্যশৃঙ্খলে ভারী ধাতু : খাদ্য উপাদানের মধ্যে ভারী ধাতু বিশেষ করে As, Cr, Pb, Cd যুক্ত হওয়ার ফলে মারাত্মক বিরূপ প্রভাব পরিলক্ষিত হয়।

TDS : পানিতে কিছু কিছু মৌল এমন সূক্ষ্ম পরিমাণে দ্রবীভূত থাকে যে বিশ্লেষণের মাধ্যমে এদের উপস্থিতি শনাক্ত করা গেলেও পরিমাণ নির্ণয় করা যায় না, তাকে ঐ পানির নমুনার ট্রেস মৌল বলা হয়ে থাকে। পানিতে বিদ্যমান ট্রেস মৌলগুলো হলো Pb, Cd, As ও Hg। এগুলো ছাড়াও Ca^{2+}, Na^+, K^+, PO_4^{3-}, Cl^- ও NO_3^- গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রাখে।

BOD : পানিতে বর্তমান জৈব বস্তুর পরিপাকের জন্য অণুজীব কর্তৃক গৃহীত অক্সিজেনের পরিমাণকে BOD বলে।

অনুশীলনী ০১ ▶ এ অধ্যায়ের নির্বাচিত প্রশ্নাবলি

সৃজনশীল প্রশ্ন (Creative Questions)

১। কার্বোনেটেড পানীয় উৎপাদনে চাপকৃত A গ্যাসের সিলিন্ডার ব্যবহৃত হয়। A গ্যাসটি বৈশ্বিক উষ্ণায়নের জন্য দায়ী। 1.5 m^3 আয়তনের একটি সিলিন্ডারে উক্ত গ্যাসটি 1380 kg ভর্তি আছে। তাপমাত্রা ও চাপের বিশেষ শর্তে গ্যাসটি আদর্শ গ্যাসের ন্যায় আচরণ করে

ক. বৈশ্বিক উষ্ণায়ন কী? ১

খ. $NH_3(g) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$. এ বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে অনুবন্ধী এসিড-ক্ষারক চিহ্নিত করে ব্যাখ্যা দাও। ২

গ. প্রমাণ অবস্থায় সিলিন্ডারের গ্যাসটি কর্তৃক সৃষ্ট চাপ প্যাসকেল এককে হিসাব কর। ৩

ঘ. কোন কোন শর্তে A গ্যাসটি আদর্শ গ্যাসের ন্যায় আচরণ করবে– বিশ্লেষণ কর। ৪

২। দুটি পাত্রের একটিতে Cl_2 এবং অপরটিতে CO_2 গ্যাস 10g করে আছে। এবার পাত্রদ্বয়ের মুখ বন্ধ করে দেওয়া হলো। হিসেবের সুবিধার জন্য পাত্র-১ কে 20°C এবং পাত্র-২ কে 10°C তাপমাত্রায় রাখা হলো।

ক. বাস্তব গ্যাস কী? ১

খ. গ্যাসের চাপ সৃষ্টি হওয়ার কারণ ব্যাখ্যা কর। ২

গ. পাত্র-১ এর ক্ষেত্রে গ্যাসটির গতিশক্তি কত? ৩

ঘ. পাত্র-২ এর ভিতরকার তাপমাত্রা কত নিরূপিত হলে উভয় ক্ষেত্রে গ্যাস দুটির বর্গমূল গড় বর্গবেগ সমান হবে– গাণিতিক যুক্তিসহ লেখ। ৪

৩। নিচের উদ্দীপকটি লক্ষ কর–



A B C

ক. COD বলতে কী বোঝ? ১

খ. পানিতে আর্সেনিক দূষণের ফলে মানবদেহে এর প্রভাব আলোচনা কর। ২

গ. A ও B পাত্রের গ্যাসকে C পাত্রে মিশ্রিত করা হলে মিশ্রণের মোট চাপ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. যদি N_2 এর $a = 1.35$ atm L^2. mol^{-2} এবং $b = 0.0387$ L. mol^{-1} হয় তাহলে ভ্যানডার ওয়াল্‌স সমীকরণ অনুসারে C পাত্রের গ্যাসের চাপ atm এককে হিসাব কর। ৪

বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Multiple Choice Questions)

১। সমান ভরের দুটি গ্যাস A ও B একই চাপ ও তাপমাত্রায় দুটি পৃথকপাত্রে রাখা আছে। A ও B এর আণবিক ভরের অনুপাত 2 : 3 হলে পাত্র দুটির আয়তনের অনুপাত হবে–

ক 2 : 3 খ 3 : 2
গ 4 : 3 ঘ 3 : 4

২। একটি ফুটবলকে পাম্প করার সময় তার ভেতরের গ্যাসের আয়তন ও চাপ দুই-ই বাড়ে। এ ঘটনা বয়েলের সূত্রের–

ক বিরোধী খ বিরোধী নয়
গ আংশিক বিরোধী ঘ বয়েলের সূত্র প্রযোজ্য

৩। 17 °C তাপমাত্রা ও একটি নির্দিষ্ট চাপে 0.184 g H_2 যে আয়তন দখল করে ঐ একই চাপে কিন্তু 25 °C তাপমাত্রায় 3.7 g অপর একটি গ্যাস সমআয়তন দখল করে। গ্যাসটির আণবিক ভর–

ক 22.13 খ 41.32
গ 44.11 ঘ 46.25

৪। N_2 গ্যাসের ঘনত্ব সর্বোচ্চ হবে–

ক STP তে খ 0°C ও 2 atm-এ
গ – 17.5°C ও 2 atm-এ ঘ – 273°C ও 2 atm-এ

৫। একটি গাড়ির চাকার চারটি টিউবকে একই আকারের সমচাপ ও তাপমাত্রায় ভিন্ন ভিন্নভাবে N_2, O_2, H_2 ও He গ্যাস দ্বারা পূর্ণ করা হলো। কোন গ্যাসটি পূর্ণ করতে সবচেয়ে কম সময়ের প্রয়োজন হবে?

ক H_2 খ He
গ N_2 ঘ O_2

৬। হাইড্রোজেনের RMS বেগ নাইট্রোজেনের $\sqrt{7}$ গুণ। যদি গ্যাসের তাপমাত্রা T হয়, তবে–

ক $T(H_2) = T(N_2)$ খ $T(H_2) = \sqrt{7}T(N_2)$
গ $T(H_2) > T(N_2)$ ঘ $T(H_2) < T(N_2)$

৭। একই তাপমাত্রা ও চাপে H_2 গ্যাস, C_nH_{2n-2} আণবিক সংকেতবিশিষ্ট একটি হাইড্রোকার্বনের তুলনায় $3\sqrt{3}$ গুণ হারে পরিব্যাপ্ত হয়। n এর মান–

ক 2 খ 3 গ 4 ঘ 8

৮। একই তাপমাত্রা ও চাপে একই আয়তনের বিভিন্ন গ্যাসে সমসংখ্যক অণু বর্তমান। এ উক্তিটি নিচের কোনটির মাধ্যমে প্রতিষ্ঠা করা যায়?

ক ডাল্টনের আংশিক চাপসূত্র খ চার্লসের সূত্র
গ গেলুসাকের আয়তন সূত্র ঘ আদর্শ গ্যাস সমীকরণ

৯। O_2, N_2, CH_4 ও NH_3 গ্যাসের ভ্যানডার ওয়ালস ধ্রুবক a এর মান যথাক্রমে 1.36, 1.39, 2.25 এবং 4.17 atm L^2 mol^{-2} হলে কোন গ্যাসটিকে তরল করা সহজ হয়?

ক O_2 খ N_2
গ CH_4 ঘ NH_3

১০। STP তে কোনো গ্যাসের সংকোচন ধ্রুবকের মান 1 অপেক্ষা ছোট। সুতরাং

ক $V_m > 22.4$ L খ $V_m = 22.4$ L
গ $V_m = 44.82$ ঘ $V_m < 22.4$ L

১১। NH_3, CO_2, O_2 ও H_2 এর মধ্যে ব্যাপনের হারের সম্পর্ক–

ক $r_{H_2} > r_{O_2} > r_{NH_3} > r_{CO_2}$
খ $r_{H_2} > r_{NH_3} > r_{O_2} > r_{CO_2}$
গ $r_{H_2} > r_{NH_3} > r_{CO_2} > r_{O_2}$
ঘ $r_{CO_2} > r_{O_2} > r_{NH_3} > r_{H_2}$

১২। $CH_3 - COOH$ ক্ষারক হিসেবে কাজ করে কার উপস্থিতিতে?

ক H – COOH খ H_2CO_3
গ NH_3 ঘ H_2SO_4

নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং ১৩ ও ১৪ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

কোনো এক স্থানের বায়ুতে বায়ুদূষক হিসেবে (i) CO_2, (ii) CH_4, (iii) মারক্যাপটান, (iv) $PbCl_2$ বর্তমান।

১৩। এর মধ্যে কোন সাধারণ দূষকটি পেট্রোলিয়াম শোধনাগার, চামড়া শিল্প, কাগজ শিল্প ও পেট্রোক্যামিক্যাল শিল্প হতে নির্গত হয়–

ক (i) খ (ii) গ (iii) ঘ (iv)

১৪। উদ্দীপকের কোন গ্যাসগুলো গ্রিন হাউজ গ্যাসের উৎস?

ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ iii ও iv

১৫। বজ্রপাতের সময় ক্রিয়াশীল হয়–

(i) N_2 গ্যাস, (ii) O_2 গ্যাস, (iii) CO_2 গ্যাস

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

১৬। T K তাপমাত্রায় হাইড্রোজেনের বর্গমূল গড় বর্গ বেগ নাইট্রোজেনের $\sqrt{7}$ গুণ হলে, নিচের কোনটি সঠিক?

ক $\sqrt{7}\,T(H_2) = T(N_2)$ খ $\sqrt{7}\,T(H_2) > T(N_2)$
গ $T(H_2) < T(N_2)$ ঘ $T(H_2) = \sqrt{7}T(N_2)$

১৭। 35 °C তাপমাত্রায় 0.05 m^3 পাত্রে 5 g O_2 গ্যাস কর্তৃক আরোপিত চাপ কত kPa?

ক 81.0825 খ 810.825
গ 1625.75 ঘ 1621.65

১৮। নিচের কোনটি শুষ্ক বায়ুর তুলনায় ভারী?

ক He খ আর্দ্র বায়ু
গ আর্দ্র নাইট্রোজেন ঘ নাইট্রাস অক্সাইড

১৯। উচ্চচাপে ভ্যানডার ওয়ালস সমীকরণটি–

ক $PV = RT + b$ খ $PV = \frac{aRT}{V^2}$

গ $P = \frac{RT}{V-b}$ ঘ $PV = RT - \frac{a}{V}$

২০। মোলার গ্যাস ধ্রুবকের সঠিক একক কোনটি?

ক $L\ atm^{-1}\ mol^{-1}\ K^{-1}$ খ $L\ atm^{-1}\ mol\ K^{-1}$

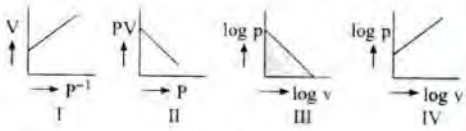
গ $erg\ K^{-1}$ ঘ $atm\ cm^3\ mol^{-1}\ K^{-1}$

২১। নিচের কোনটির ক্ষেত্রে একই তাপমাত্রা ও চাপে ব্যাপনের হার একই হয়?

ক NO ও CO খ N_2O ও CO_2

গ H_2 ও He ঘ CO_2 ও $CH_2 = CH_2$

২২। নিচের কোন লেখচিত্রটি বয়েলের সূত্রকে সমর্থন করে–



ক i খ ii

গ iii ঘ iv

২৩। $PV = nRT$ সমীকরণ থেকে নিম্নে কোন সমীকরণটিকে প্রতিষ্ঠিত করা যায়–

ক $d = \frac{RT}{PM}$ খ $d = \frac{PMT}{R}$

গ $d = \frac{PM}{RT}$ ঘ $d = \frac{RT}{RM}$

২৪। 35 °C তাপমাত্রা ও 1.05 atm চাপে 8.8 g CO_2 গ্যাস যে আয়তন দখল করে একই অবস্থা কত গ্রাম NH_3 গ্যাস ওই একই আয়তন দখল করবে–

ক 0.85 g খ 1.7 g

গ 3.4 g ঘ 6.8 g

২৫। একটি আবদ্ধ পাত্রে p atm চাপে সম মোল পরিমাণ N_2 ও O_2 গ্যাস আছে। তাপমাত্রা স্থির রেখে পাত্র থেকে যে কোনো একটি গ্যাসকে অপসারণ করে নিলে চাপ হবে–

ক $\frac{P}{2}$ খ P

গ 2P ঘ P^2

২৬। 37 °C তাপমাত্রায় একটি সিলিন্ডারে সম ভরের CH_4 ও H_2 রক্ষিত আছে। গ্যাস মিশ্রণে হাইড্রোজেনের আংশিক চাপ মোট চাপের–

ক $\frac{1}{9}$ অংশ খ $\frac{4}{9}$ অংশ

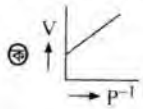
গ $\frac{8}{9}$ অংশ ঘ $\frac{17}{18}$ অংশ

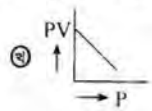
২৭। নিচের কোন গ্যাসের ক্ষেত্রে ভ্যানডার ওয়ালস ধ্রুবক a এর মান সর্বোচ্চ–

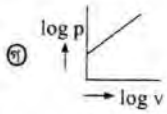
ক H_2 খ N_2

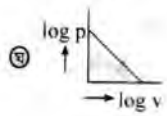
গ CO_2 ঘ NH_3

২৮। নিচের কোন লেখচিত্রটি বয়েলের সূত্রকে সমর্থন করে?

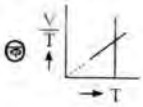
ক 

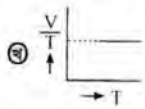
খ 

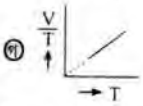
গ 

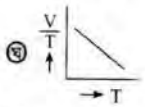
ঘ 

২৯। স্থির চাপে $\frac{V}{T}$ বনাম T এর লেখচিত্র কোনটি?

ক 

খ 

গ 

ঘ 

৩০। স্থির তাপমাত্রায় PV বনাম V লেখচিত্রের ঢাল–

ক 0° খ 45°

গ 90° ঘ 180°

উত্তরমালা

১	খ	২	ঘ	৩	খ	৪	ঘ	৫	ক	৬	ঘ	৭	গ	৮	ঘ	৯	ঘ	১০	ঘ
১১	খ	১২	ঘ	১৩	গ	১৪	ক	১৫	ক	১৬	গ	১৭	খ	১৮	ঘ	১৯	গ	২০	ঘ
২১	খ	২২	গ	২৩	গ	২৪	গ	২৫	ক	২৬	গ	২৭	ঘ	২৮	ঘ	২৯	খ	৩০	ক

অধ্যায় ০২

জৈব রসায়ন

Organic Chemistry

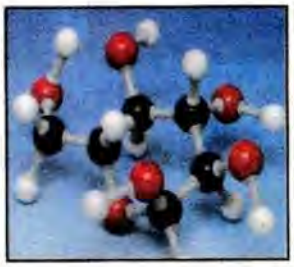


ফ্রেডরিখ উহ্‌লার জ্যাকব বার্জেলিয়াস

ভূমিকা (Introduction)

জৈব রসায়ন সম্পর্কে মানুষের ধারণা অতি প্রাচীনকাল থেকে। উনবিংশ শতাব্দীতেও জৈব রসায়নকে মূলত উদ্ভিদ ও প্রাণিজগৎ হতে প্রাপ্ত যৌগের রসায়ন বলে মনে করা হতো। 1808 সালে সুইডিস বিজ্ঞানী বার্জেলিয়াস উদ্ভিদ ও প্রাণী অর্থাৎ সজীব পদার্থ থেকে যৌগসমূহকে জৈব যৌগ এবং নির্জীব পদার্থ থেকে প্রাপ্ত যৌগসমূহকে অজৈব যৌগ নামকরণ করেন। 1815 সালে বিজ্ঞানী বার্জেলিয়াস প্রস্তাব করেন যে, জৈব যৌগসমূহ কেবল উদ্ভিদ ও প্রাণিদেহের এক প্রকার রহস্যময় প্রাণশক্তির প্রভাবে উৎপন্ন হয়ে থাকে। 1828 সালে ফ্রেডরিখ উহ্‌লার (Friedrich Wohler) এ মতবাদ ভুল প্রমাণ করেন। তিনি অজৈব অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও লেড সায়ানেট দ্রবণের বিক্রিয়ায় আকস্মিকভাবে ইউরিয়া প্রস্তুত করেন।

অ্যামোনিয়াম সায়ানেট (NH_4CNO) উত্তপ্ত করে ইউরিয়া উৎপাদন প্রমাণ করে প্রাণশক্তির প্রভাব ছাড়াই পরীক্ষাগারে জৈব যৌগ তৈরি করা সম্ভব। বর্তমানকালে জৈব রসায়ন বলতে কার্বনের কোটি যৌগেরও অধিক যৌগের রসায়নকে বোঝায়। এদের মূল উৎস উদ্ভিদ ও প্রাণিজগৎ হলেও অসংখ্য যৌগই রসায়নবিদগণ পরীক্ষাগারে কৃত্রিম উপায়ে প্রস্তুত করেছেন এবং করছেন।



শিখনফল (Learning Outcomes)

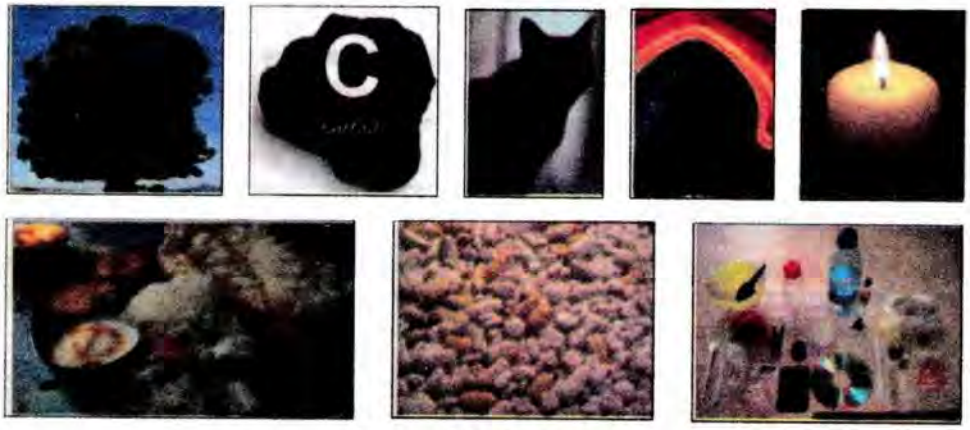
অধ্যায়টি অনুশীলন শেষে শিক্ষার্থীরা–

- জৈব যৌগের শ্রেণিবিভাগ বর্ণনা করতে পারবে।
- জৈব যৌগের সমগোত্রীয় শ্রেণি ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- বিভিন্ন সমগোত্রীয় শ্রেণির কার্যকরী মূলকের আণবিক ও গাঠনিক সংকেত বর্ণনা করতে পারবে।
- কার্যকরী মূলকের ভিত্তিতে জৈব যৌগের শ্রেণি চিহ্নিত করতে পারবে।
- জৈব যৌগের নামকরণ করতে পারবে।
- জৈব যৌগের সমাণুতা ও এর প্রকারভেদ বর্ণনা করতে পারবে।
- জৈব যৌগের রাসায়নিক সংকেত থেকে এর গাঠনিক সমাণুর সংখ্যা ও সংকেত নির্ণয় করতে পারবে।
- অ্যারোমেটিক যৌগের বিশেষ বৈশিষ্ট্য-অ্যারোমেটিসিটি ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- অ্যালিফেটিক ও অ্যারোমেটিক যৌগের পার্থক্য করতে পারবে।
- জৈব যৌগের সংযোজন (ইলেক্ট্রোফিলিক ও নিউক্লিওফিলিক), প্রতিস্থাপন (ইলেক্ট্রোফিলিক ও নিউক্লিওফিলিক) অপসারণ ও সমাণুকরণ বিক্রিয়া (সাধারণ) ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- বিভিন্ন সমগোত্রীয় শ্রেণির জৈব যৌগের সাধারণ প্রস্তুতি ও শনাক্তকারী বিক্রিয়া সমীকরণের সাহায্যে ব্যাখ্যা করতে পারবে
- ব্যবহারিক : বিভিন্ন শ্রেণির জৈব যৌগের কার্যকরী মূলক ল্যাবরেটরি পরীক্ষার মাধ্যমে শনাক্ত করতে পারবে।
- IR spectroscopic শোষণ/নিঃসরণ ব্যান্ড থেকে জৈব যৌগের কার্যকরী মূলক ($-OH, >C=O$) শনাক্ত করতে পারবে।
- গ্লিসারিন ও ফেনলের প্রস্তুতি এবং শনাক্তকারী বিক্রিয়া ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- নাইট্রোগ্লিসারিন, টি এন টি, ডেটল, প্যারাসিটামল প্রস্তুতি ও ব্যবহার ও অপব্যবহারে সচেতনতা প্রদর্শন করতে পারবে।
- জৈব যৌগের বিশুদ্ধতা ও শনাক্তকরণে গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্কের ভূমিকা ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- ব্যবহারিক : জৈব যৌগের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক নির্ণয় করতে পারবে (80°C এর নিচে)।
- পলিমার ও প্লাস্টিসিটি ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- সংযোজন ও ঘনীভবন পলিমারকরণ বিক্রিয়া ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- প্রাকৃতিক পলিমার অণুতে গ্লাইকোসাইড ও পেপটাইড বন্ধন ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- দৈনন্দিন জীবনে জৈব যৌগের গুরুত্ব ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- পরিবেশ ও সামাজিক ক্ষেত্রে জৈব যৌগের ভূমিকা ব্যাখ্যা করতে পারবে।

প্রধান শব্দ (Key words) : ➤ সমগোত্রী শ্রেণি ➤ কার্যকরী মূলক ➤ মেটামারিজম ➤ টটোমারিজম ➤ সিস-ট্রান্স সমাণুতা ➤ কাইরাল কেন্দ্র ➤ S_N1 বিক্রিয়া ➤ S_N2 বিক্রিয়া ➤ ওরিয়েন্টেশন ➤ TNT ➤ পলিমার ➤ মেলাডুর ➤ টেফলন।

২.১ জৈব যৌগের শ্রেণিবিভাগ (Classification of organic compounds)

জৈব যৌগ (Organic compounds) : জৈব যৌগ বলতে আমরা বুঝব, হাইড্রোজেন ও কার্বন দ্বারা গঠিত হাইড্রোকার্বন ও হাইড্রোকার্বন থেকে উদ্ভূত যৌগসমূহ। এদের উৎস প্রাণী, উদ্ভিদ, খনি, প্রকৃতির যেকোনো উৎসই হতে পারে। প্রকৃত অর্থে উৎস নির্বিচারে জাত হাইড্রোকার্বন ও হাইড্রোকার্বন হতে উদ্ভূত যৌগসমূহকে জৈব যৌগ বলা হয়ে থাকে। মিথেন (CH_4), আয়োডোমিথেন (CH_3I), মিথানল (CH_3OH), মিথাইল ম্যাগনেসিয়াম আয়োডাইড (CH_3-MgI), গ্লুকোজ ($C_6H_{12}O_6$), বেনজিন (C_6H_6) ইত্যাদি জৈব যৌগের উদাহরণ।



চিত্র ২.১ : বিভিন্ন জৈব উপাদান

কার্বনের অক্সাইড (CO, CO_2), কার্বাইড বা ধাতব কার্বাইড (CaC_2), ধাতব সায়ানাইড (KCN), ধাতব কার্বোনিল [$Fe(CO)_5$, $Ni(CO)_4$] প্রভৃতি যৌগসমূহ এ সংজ্ঞা হতে বাদ পড়ে। এসব যৌগসমূহ হাইড্রোকার্বন বা হাইড্রোকার্বনের জাতক নয়। তাই এরা জৈব যৌগ নয়।

ক্যাটিনেশন হলো কার্বন পরমাণুর অন্যতম প্রধান ধর্ম। এ ধর্মের কারণে কার্বন পরমাণুসমূহ পরস্পর একের পর এক যুক্ত হয়ে সরল শিকল, শাখা শিকল, বদ্ধ শিকল, শিকলযুক্ত বলয় ইত্যাদি অগণিত জৈব যৌগ গঠন করে থাকে। সক্রিয় অবস্থায় কার্বন পরমাণুর যোজ্যতা স্তরের চারটি অযুগ্ম ইলেকট্রন বিভিন্ন প্রকার হাইব্রিডাইজেশনের মাধ্যমে কার্বন-কার্বন একক বন্ধন, দ্বিবন্ধন ও ত্রিবন্ধনের সৃষ্টির মাধ্যমে বিভিন্ন প্রকার জৈব যৌগ গঠন করে থাকে। আবার কিছু কিছু জৈব যৌগ মিষ্টি গন্ধযুক্ত। এ মিষ্টিগন্ধ বা অ্যারোমা (Aroma) যৌগগুলোর ক্ষেত্রে একটি বিশেষ যৌগ 'বেনজিন' সম্পর্কযুক্ত। প্রকৃতপক্ষে এসব জৈব যৌগ অ্যারোমেটিক যৌগ। অ্যারোমেটিক শব্দটি বেনজিন ও এর জাতকসমূহের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য।

বর্তমানে জৈব যৌগের সংখ্যা অনেক বেশি হলেও একে শ্রেণিবিভাগ করা হয়েছে। বৈশিষ্ট্য অনুসারে জৈব যৌগসমূহকে প্রধানত দুটি শ্রেণিতে ভাগ করা হয়ে থাকে। যেমন –

(ক) অ্যালিফেটিক যৌগ (Aliphatic compounds) ও (খ) অ্যারোমেটিক যৌগ (Aromatic compounds)।

(ক) অ্যালিফেটিক যৌগ (Aliphatic compounds) :

অ্যালিফেটিক শব্দটির অর্থ চর্বিজাত। 'অ্যালিফার' একটি গ্রিক শব্দ, এ অর্থ চর্বি হতে প্রাপ্ত।

চর্বি হতে প্রাপ্ত ফ্যাটি এসিডকেই প্রথমে এ শ্রেণির যৌগ হিসেবে ধরা হতো। বর্তমানে অ্যালিফেটিক শব্দটি সকল মুক্ত শিকল হাইড্রোকার্বন ও সম্পৃক্ত চাক্রিক হাইড্রোকার্বন এবং এদের জাতকসমূহকে বোঝানো হয়ে থাকে।

শিকলের প্রকৃতি ও গঠনের উপর ভিত্তি করে অ্যালিফেটিক যৌগসমূহকে আবার দুইভাগে ভাগ করা যায়। যেমন ১. মুক্ত শিকল অ্যালিফেটিক যৌগ এবং ২. বদ্ধ শিকল অ্যালিফেটিক যৌগ।

১. **মুক্ত শিকল অ্যালিফেটিক যৌগ :** এ সব যৌগের ক্ষেত্রে যৌগের দু'প্রান্তের কার্বন পরমাণু কখনই যুক্ত হয় না। কার্বন পরমাণু পরপর যুক্ত হয়ে শিকল গঠন করে থাকে। যেমন

বিউটেন ($CH_3–CH_2–CH_2–CH_3$), হেক্সেন ($CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$),

প্রোপিন ($CH_3–CH=CH_2$), প্রোপাইন ($CH_3–C\equiv CH$) ইত্যাদি।

মুক্ত শিকল অ্যালিফেটিক যৌগসমূহকে কার্বন পরমাণুর বন্ধনের প্রকৃতি অনুসারে পুনরায় দুইভাগে ভাগ করা হয়ে থাকে। একটি সম্পৃক্ত যৌগ এবং অপরটি অসম্পৃক্ত যৌগ।

সম্পৃক্ত যৌগ : এ জাতীয় যৌগের অণুতে শুধুমাত্র কার্বন-কার্বন একক বন্ধন তথা সিগমা বন্ধন বর্তমান থাকে। যেমন প্রোপেন ($CH_3–CH_2–CH_3$), বিউটেন ($CH_3–CH_2–CH_2–CH_3$).

অসম্পৃক্ত যৌগ : এ জাতীয় যৌগের অণুতে অন্ততপক্ষে দুটি কার্বন পরমাণু পরস্পর দ্বিবন্ধন ($\geq C=C\leq$) বা ত্রিবন্ধন ($-C\equiv C-$) দ্বারা যুক্ত হয়ে যৌগ গঠন করে থাকে। যেমন প্রোপিন ($CH_3–CH=CH_2$), প্রোপাইন ($CH_3–C\equiv CH$).

সম্পৃক্ত ও অসম্পৃক্ত উভয় শ্রেণির অ্যালিফেটিক যৌগসমূহকে আবার সরল শিকল ও শাখা শিকল এ দুইভাগে ভাগ করা হয়ে থাকে।

সরল শিকল : এ জাতীয় যৌগের অণুতে কোনো কার্বন পরমাণু সর্বাধিক অপর দুটি কার্বন পরমাণুর সাথে যুক্ত থেকে যৌগ গঠন করে। যেমন বিউটেন ($CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$), বিউট-1-ইন ($\overset{4}{C}H_3-\overset{3}{C}H_2-\overset{2}{C}H=\overset{1}{C}H_2$).

শাখা শিকল : এ জাতীয় যৌগের অণুতে কোনো একটি বা একাধিক কার্বন পরমাণু দুইয়ের অধিক কার্বন পরমাণুর সাথে যুক্ত থেকে যৌগ গঠন করে। যেমন 2-মিথাইল প্রোপেন (C_4H_{10}), 2-মিথাইলপ্রোপিন (C_4H_8), 3-মিথাইল-বিউট-1-আইন (C_5H_8) ইত্যাদি।

$\overset{1}{C}H_3–\overset{2}{C}H(\overset{3}{C}H_3)$	$\overset{3}{C}H_3–\overset{2}{C}(=\overset{1}{C}H_2)$	$\overset{4}{C}H_3–\overset{3}{C}H(\overset{2}{C}\equiv\overset{1}{C}H)$
2-মিথাইল প্রোপেন	2-মিথাইলপ্রোপিন	3-মিথাইলবিউট-1-আইন

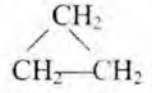
২. **বদ্ধ শিকল অ্যালিফেটিক যৌগ :** এ জাতীয় অ্যালিফেটিক জৈব যৌগের ক্ষেত্রে দুইপ্রান্তের কার্বন নিজেদের মধ্যে সরাসরি যুক্ত হয়ে অথবা হেটারো মৌল যেমন, O, N, S এর মাধ্যমে যুক্ত হয়ে বলয় বা চক্র গঠন করে থাকে। যেমন সাইক্লোপ্রোপেন (C_3H_6), ইথিন অক্সাইড (C_2H_4O), সাইক্লোহেক্সেন (C_6H_{12}), টেট্রাহাইড্রো ফিউরান (C_4H_8O) ইত্যাদি।



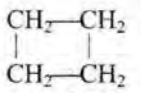
চিত্র ২.২ : সাইক্লোপ্রোপেন, ইথিন অক্সাইড, সাইক্লোহেক্সেন ও টেট্রাহাইড্রো ফিউরান

বদ্ধ শিকল অ্যালিফেটিক জৈব যৌগকে আবার চক্রের সদস্যের কার্বন পরমাণু ও অন্যান্য মৌল যেমন O, N, S এদের উপর ভিত্তি করে পুনরায় দুইভাগে ভাগ করা হয়ে থাকে। একটি সুষম চাক্রিক বা কার্বোসাইক্লিক এবং অপরটি বিষম চাক্রিক বা হেটারো সাইক্লিক অ্যালিফেটিক যৌগ।

i. **সুষম চাক্রিক অ্যালিফেটিক যৌগ :** এ জাতীয় যৌগের চক্র শুধুমাত্র কার্বন পরমাণু দ্বারা গঠিত হয়। যেমন

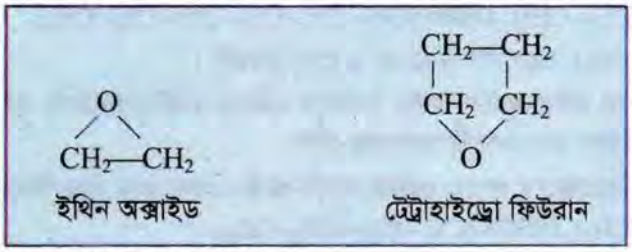


সাইক্লোপ্রোপেন



সাইক্লোবিউটেন

ii. **বিষম চাক্রিক অ্যালিফেটিক যৌগ :** এ জাতীয় যৌগের চক্র কার্বন পরমাণু ছাড়াও O, N ও S পরমাণু যুক্ত থাকে। যেমন



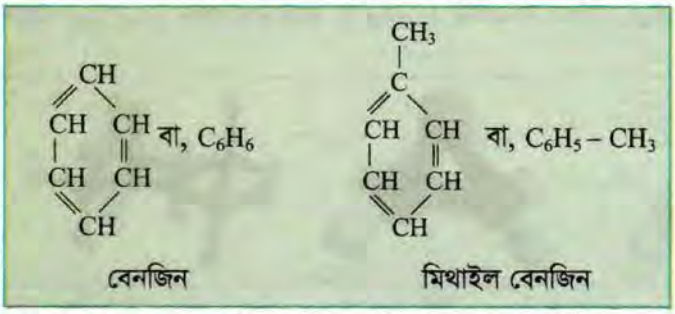
(খ) অ্যারোমেটিক যৌগ (Aromatic Compounds) :

গ্রিক শব্দ অ্যারোমা (Aroma) থেকে অ্যারোমেটিক শব্দের উৎপত্তি। অ্যারোমা অর্থ সুমিষ্ট গন্ধ। এ শ্রেণির জৈব যৌগের অণুতে সুমিষ্ট গন্ধ থাকার কথা থাকলেও বর্তমানে শ্রেণিবিভাগের ক্ষেত্রে এরূপ বৈশিষ্ট্য এখন আর প্রযোজ্য নয়। এ শ্রেণির অনেক যৌগ যাদের কোনো গন্ধ নেই, আবার অনেক যৌগ যাদের তীব্র কটু অসহনীয় দুর্গন্ধ রয়েছে। প্রকৃতপক্ষে বেনজিন ও বেনজিনের জাতক এবং অন্যান্য কিছু অনুরূপধর্মী যৌগকে অ্যারোমেটিক জৈব যৌগ বলা হয়ে থাকে। এরা ইলেকট্রনাকর্ষী প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া প্রদর্শন করে থাকে। এদের অণুতে সঞ্চারণশীল π ইলেকট্রন বর্তমান। এরা রেজোন্যান্স ধর্ম প্রদর্শন করে থাকে।

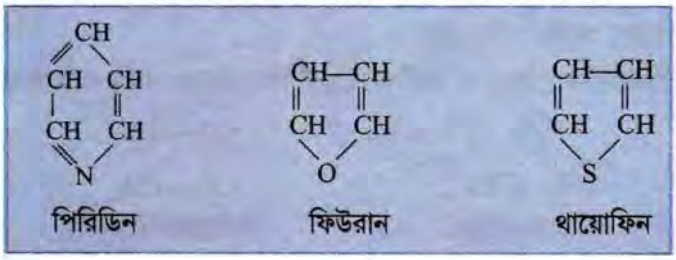
অ্যারোমেটিক যৌগগুলোকে আবার চক্রের সদস্য শুধু কার্বন পরমাণু এবং কার্বন-পরমাণুসহ অন্যান্য মৌল যেমন O, N, S এদের উপর ভিত্তি করে পুনরায় দুইভাগে ভাগ করা হয়ে থাকে। যেমন

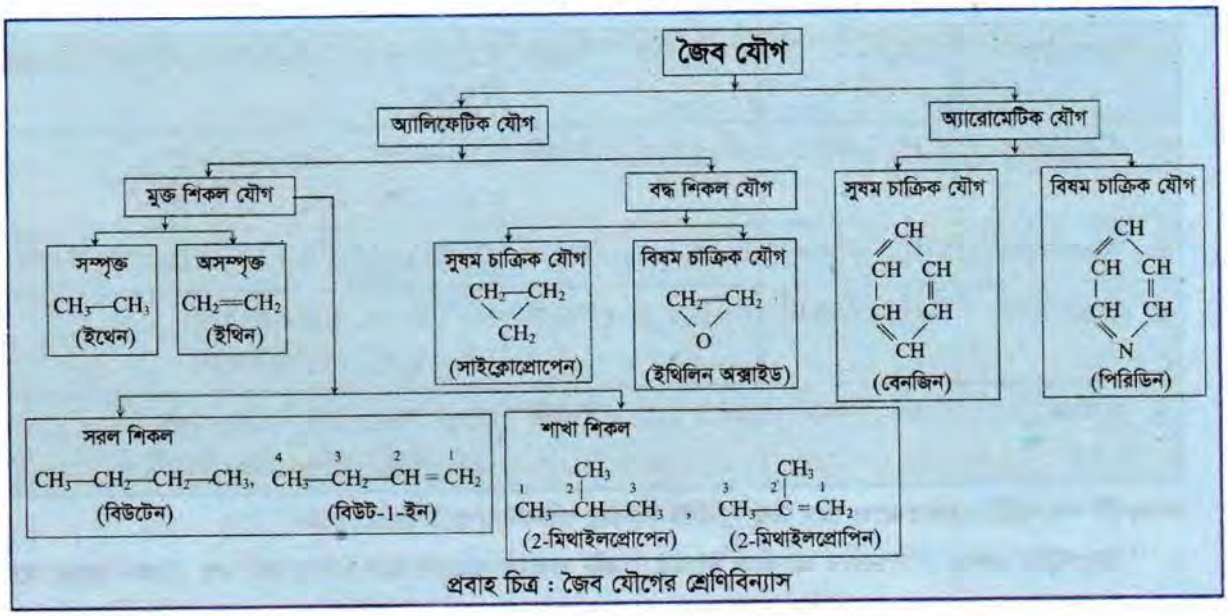
১. সুষম চাক্রিক অ্যারোমেটিক যৌগ এবং ২. বিষম চাক্রিক অ্যারোমেটিক যৌগ।

১. **সুষম চাক্রিক অ্যারোমেটিক যৌগ :** এ জাতীয় অ্যারোমেটিক যৌগের চক্র কাঠামো শুধুমাত্র কার্বন পরমাণু দ্বারা গঠিত হয়ে থাকে। এসব যৌগের বিশেষত্ব হলো যৌগের কাঠামোতে 6 কার্বনবিশিষ্ট বেনজিন বলয়ের উপস্থিতি থাকতে হবে। অর্থাৎ এক্ষেত্রে বেনজিন ও বেনজিনের জাতকসমূহকে ধরা হয়ে থাকে। যেমন



২. **বিষম চাক্রিক অ্যারোমেটিক যৌগ :** এ জাতীয় অ্যারোমেটিক যৌগের চক্র কাঠামোতে কার্বন পরমাণু ছাড়াও অন্যান্য হেটারো মৌল যেমন O, N, S বর্তমান থেকে চক্র বা বলয় গঠন করে থাকে। যেমন





প্রবাহ চিত্র : জৈব যৌগের শ্রেণিবিন্যাস

২.২ সমগোত্রীয় শ্রেণি (Homologous series)

প্রকৃতিজাত ও কৃত্রিমভাবে প্রস্তুতকৃত জৈব যৌগের সংখ্যা অসংখ্য। প্রতিনিয়তই নতুন নতুন জৈব যৌগের সৃষ্টি হচ্ছে। এতোসব জৈব যৌগকে সাধারণভাবে জানা খুবই অসম্ভব বিষয়। তাই জৈব যৌগসমূহকে তাদের ধর্মের সাদৃশ্যের ভিত্তিতে বিভিন্ন শ্রেণিতে বিভক্ত করা হয়ে থাকে। এরূপ প্রত্যেক শ্রেণি যৌগের মধ্যে একটি নির্দিষ্ট বৈশিষ্ট্য থাকে এবং একই শ্রেণির পাশাপাশি দুটি যৌগের মধ্যে ধর্মের তেমন বিশেষ কোনো পার্থক্য পরিলক্ষিত হয় না। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় অ্যালকেন, অ্যালকিন, অ্যালকাইন, অ্যালকোহল, কার্বোক্সিলিক এসিড প্রভৃতি এক একটি সমগোত্রীয় শ্রেণির যৌগ। এক শ্রেণির যৌগের সাথে অন্য শ্রেণির যৌগের ধর্মের পার্থক্য অনেক। কিন্তু যেকোনো একটি সুনির্দিষ্ট শ্রেণির যৌগের মধ্যে ধর্মের তেমন উল্লেখযোগ্য কোনো পার্থক্য দেখা যায় না।

এরূপ একই মৌলিক পদার্থের সমন্বয়ে গঠিত সমধর্মী জৈব যৌগসমূহকে তাদের ক্রমবর্ধমান আণবিক ভর অনুসারে পর পর সাজালে যে সারি পাওয়া যায়, সেখানে যদি পরপর সংলগ্ন দুটি যৌগের আণবিক সংকেত এর মধ্যে একটি মাত্র মিথিলিন ($-CH_2-$) মূলকের পার্থক্য থাকে এবং যৌগগুলোর সংযুক্তি একটি সাধারণ সংকেত দ্বারা প্রকাশ করা যায় তবে সে সারিকে ঐ যৌগসমূহের সমগোত্রীয় শ্রেণি বলা হয়ে থাকে। একই সমগোত্রীয় শ্রেণির প্রত্যেক সদস্যকে এক একটি সমগোত্রক বলে। যেমন অ্যালকিন একটি সমগোত্রীয় শ্রেণি। এর সাধারণ সংকেত C_nH_{2n}; এখানে $n = 2, 3, 4, 5$ .....ইত্যাদি।

যখন, $n = 2, C_2H_4$, বা, $CH_2 = CH_2$ (ইথিন), $n = 3, C_3H_6$ বা, $CH_3 - CH = CH_2$ (প্রোপিন)

$n = 4, C_4H_8$ বা, $\overset{4}{C}H_3 - \overset{3}{C}H_2 - \overset{2}{C}H = \overset{1}{C}H_2$ (বিউট-1-ইন)

এখানে পরপর সংলগ্ন যেকোনো দুটি যৌগের আণবিক সংকেতের মধ্যে একটি মাত্র মিথিলিন মূলকের ($-CH_2-$) পার্থক্য বিদ্যমান। প্রতিটি যৌগের মধ্যে একই কার্যকরী মূলক অ্যালকিন মূলক ($>C=C<$) বর্তমান। এক্ষেত্রে ইথিন, প্রোপিন, বিউট-1-ইন প্রত্যেকেই এক একটি সমগোত্রক।

সমগোত্রীয় শ্রেণি	সাধারণ সংকেত	n-এর মান	উদাহরণ
১. অ্যালকেন	C_nH_{2n+2}	$n = 1, 2, 3, \ldots$ ইত্যাদি	CH_4, CH_3-CH_3, $CH_3-CH_2-CH_3$ ইত্যাদি
২. অ্যালকিন	C_nH_{2n}	$n = 2, 3, 4, \ldots$ ইত্যাদি	$CH_2 = CH_2$, $CH_3-CH = CH_2$, $CH_3 - CH_2 - CH = CH_2$ ইত্যাদি

৩. অ্যালকাইন	C_nH_{2n-2}	n = 2, 3, 4, ... ইত্যাদি	$CH \equiv CH$, $CH_2-C \equiv CH$, $CH_3-CH_2-C \equiv CH$ ইত্যাদি
৪. অ্যালকোহল	$C_nH_{2n+1}OH$	n = 1, 2, 3, ... ইত্যাদি	CH_3-OH, CH_3-CH_2-OH, $CH_3-CH_2-CH_2-OH$ ইত্যাদি
৫. অ্যালডিহাইড	$C_nH_{2n+1}CHO$	n = 0, 1, 2, ... ইত্যাদি	$H-CHO$, CH_3-CHO, CH_3-CH_2-CHO ইত্যাদি
৬. ফ্যাটি এসিড	$C_nH_{2n+1}COOH$	n = 0, 1, 2, ... ইত্যাদি	$H-COOH$, CH_3-COOH, CH_3-CH_2-COOH ইত্যাদি
৭. অ্যামিন	$C_nH_{2n+1}NH_2$	n = 1, 2, 3, ... ইত্যাদি	CH_3-NH_2, $CH_3-CH_2-NH_2$ $CH_3-CH_2-CH_2-NH_2$ ইত্যাদি

প্রত্যেকটি সমগোত্রীয় শ্রেণির মধ্যে বেশ কিছু সুনির্দিষ্ট বৈশিষ্ট্য পরিলক্ষিত হয়ে থাকে। যেমন

১. সমগোত্রীয় শ্রেণির যৌগগুলোর আণবিক সংকেত একটি সাধারণ সংকেত দ্বারা প্রকাশ করা যায়। যেমন অ্যালকেনের সাধারণ সংকেত C_nH_{2n+2}; এখানে n = 1, 2, 3, 4 ..... ইত্যাদি।
অ্যালকিন এর সাধারণ সংকেত C_nH_{2n}; এখানে n = 2, 3, 4.....ইত্যাদি।

২. একই সমগোত্রীয় শ্রেণির প্রত্যেকটি সদস্য অভিন্ন মৌল দ্বারা গঠিত।

৩. একই সমগোত্রীয় শ্রেণির পরপর যেকোনো দুটি যৌগের মধ্যে আণবিক সংকেতের ক্ষেত্রে শুধুমাত্র একটি মিথিলিন ($-CH_2-$) মূলকের পার্থক্য বর্তমান থাকে।

৪. একটি সমগোত্রীয় শ্রেণির যৌগের একটি নির্দিষ্ট কার্যকরী মূলক বর্তমান থাকে। যেমন অ্যালডিহাইডের ক্ষেত্রে $-CHO$ মূলক, কার্বোক্সিলিক এসিডের ক্ষেত্রে $-COOH$ মূলক ইত্যাদি।

৫. এক সমগোত্রীয় শ্রেণির যৌগসমূহের অণুতে একই কার্যকরী মূলক বিদ্যমান থাকার ফলে এদের মধ্যে একই ধরনের রাসায়নিক ধর্ম দেখা যায়। আণবিক ভর বৃদ্ধির সাথে সাথে তাদের রাসায়নিক ধর্মের সক্রিয়তার হ্রাস ঘটে।

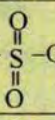
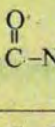
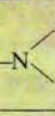
৬. এদের ভৌত ধর্মে একটি নিয়মিত ক্রম লক্ষ করা যায়। যেমন আণবিক ভর বৃদ্ধির সাথে সাথে গলনাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক, ঘনত্বের বৃদ্ধি ঘটে কিন্তু দ্রাব্যতার হ্রাস ঘটে।

৭. একই সমগোত্রীয় যৌগসমূহকে একই সাধারণ পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা যায়।

২.৩ কার্যকরী মূলক (Functional Group)

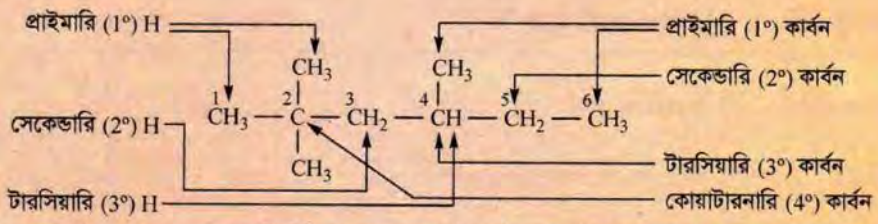
জৈব যৌগের রাসায়নিক ধর্মাবলিকে বিশ্লেষণ করলে দেখা যায় যেকোনো সমগোত্রীয় শ্রেণির সকল সদস্য একইরূপ রাসায়নিক ধর্ম প্রদর্শন করে থাকে। তবে এক সমগোত্রীয় শ্রেণির যৌগের রাসায়নিক ধর্মের সাথে অন্য সমগোত্রীয় শ্রেণির যৌগের রাসায়নিক ধর্মের বিশেষ উল্লেখযোগ্য পার্থক্য দেখা যায়। প্রত্যেক সমগোত্রীয় শ্রেণির রাসায়নিক ধর্ম সমগোত্রকসমূহের অণুতে বর্তমান একটি নির্দিষ্ট পরমাণু বা বিশেষ মূলক দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়। যে পরমাণু বা মূলক কোনো জৈব যৌগের অণুতে বর্তমান থেকে কার্যত এর তথ্য এর শ্রেণির ধর্ম ও বিক্রিয়ার প্রকৃতি নির্ধারণ করে থাকে তাকে ঐ যৌগের বা এর শ্রেণির কার্যকরী মূলক বলা হয়ে থাকে। যেমন কার্বোক্সিলিক এসিডের কার্যকরী মূলকের নাম কার্বোক্সিলিক মূলক এবং সংকেত $-COOH$, অ্যালডিহাইড এর কার্যকরী মূলক হলো অ্যালডিহাইড মূলক এবং এর সংকেত $-CHO$, এস্টারের কার্যকরী মূলক এস্টার মূলক এবং এর সংকেত $-COOR$. মূলত কোনো যৌগের রাসায়নিক বিক্রিয়া বলতে এতে উপস্থিত কার্যকরী মূলকের বিক্রিয়াকেই বোঝায়।

নিচে বেশ কিছু শ্রেণির যৌগের কার্যকরী মূলকের সংকেত ও গাঠনিক সংকেত দেওয়া হলো। উপস্থাপনে মূলকের সক্রিয়তা উচ্চ হতে নিম্নক্রম অনুসরণ করা হলো :

ক্রম	সমগোত্রীয় শ্রেণি	কার্যকরী মূলকের নাম	মূলকের সংকেত	গাঠনিক সংকেত
১.	কার্বক্সিলিক এসিড	কার্বক্সিলিক এসিড মূলক বা ফ্যাটি এসিড মূলক	– COOH	
২.	সালফোনিক এসিড	সালফোনিলিক এসিড মূলক	$-SO_3H$	
৩.	এসিড হ্যালাইড	এসিড হ্যালাইড মূলক	– COX	
৪.	এসিড অ্যামাইড	অ্যামাইডো মূলক	$-CONH_2$	
৫.	সায়ানাইড	সায়ানাইড বা নাইট্রাইল মূলক	– CN	
৬.	অ্যালডিহাইড	অ্যালডিহাইড মূলক	– CHO	
৭.	কিটোন	কার্বোনিল মূলক বা কিটো মূলক	= CO	
৮.	অ্যালকোহল	1°-অ্যালকোহল বা প্রাইমারি অ্যালকোহল মূলক	$-CH_2OH$	
৯.	অ্যালকোহল	2° বা সেকেন্ডারি অ্যালকোহল মূলক	= CHOH	
১০.	অ্যালকোহল	3°-অ্যালকোহল বা টারসিয়ারি অ্যালকোহল মূলক	≡ COH	≡ C–OH
১১.	থায়ো যৌগ	থায়ল	R – SH	– S – H
১২.	অ্যালকাইল অ্যামিন	অ্যামিনো মূলক	$-NH_2$	
১৩.	অ্যালকিন	অ্যালকিন বা অলিফিন মূলক		
১৪.	অ্যালকাইন	অ্যালকাইন বা অ্যাসিটিলিন মূলক	– C ≡ C –	– C ≡ C –
১৫.	ইথার	ইথার মূলক	R–O–R	
১৬.	নাইট্রো যৌগ	নাইট্রো মূলক	$-NO_2$	
১৭.	এস্টার	এস্টার মূলক	– COOR	
১৮.	অ্যানহাইড্রাইড	অ্যানহাইড্রাইড মূলক	– COOCO –	
১৯.	আইসোসায়ানাইড	আইসোসায়ানাইড মূলক	– NC	– N = C
২০.	আইসো থায়োসায়ানেট	আইসো থায়োসায়ানেট মূলক	– NCS	– N = C = S
২১.	নাইট্রোসো যৌগ	নাইট্রোসো মূলক	– NO	– N = O
২২.	ফেনল	ফেনলিক মূলক	Ar – OH	
২৩.	পারক্সাইড	পারক্সাইড মূলক	– O – O – R	– O – O – R

মনে রাখবে : জৈব যৌগে উপস্থিত কার্বন পরমাণুকে প্রাইমারি, সেকেন্ডারি, টারসিয়ারি ও কোয়াটারনারি বা 1°, 2°, 3°, 4° কার্বন হিসেবে চিহ্নিত করা হয়। যে কার্বন পরমাণু সর্বোচ্চ একটি কার্বন পরমাণুর সাথে যুক্ত থাকে তাকে প্রাইমারি কার্বন পরমাণু বলা হয়। যে কার্বন পরমাণু দুটি কার্বন পরমাণুর সাথে যুক্ত থাকে তাকে সেকেন্ডারি কার্বন (2°) পরমাণু বলা হয়। একইভাবে তিনটি ও চারটি কার্বন পরমাণুর সাথে যুক্ত কার্বন পরমাণুগুলোকে যথাক্রমে টারসিয়ারি (3°) ও কোয়াটারনারি কার্বন পরমাণু বলা হয়। প্রাইমারি কার্বন পরমাণুর সাথে যুক্ত হাইড্রোজেনকে প্রাইমারি হাইড্রোজেন, সেকেন্ডারি ও টারসিয়ারি কার্বনের সাথে যুক্ত হাইড্রোজেনকে যথাক্রমে সেকেন্ডারি (2°) ও টারসিয়ারি (3°) হাইড্রোজেন বলা হয়।

উদাহরণস্বরূপ :



মুক্ত মূলক : যোজ্যতা কক্ষে এক বা একাধিক বিজোড় বা অযুগ্ম ইলেকট্রন যুক্ত জৈব গ্রুপকে জৈব মুক্ত মূলক বলা হয়। যেমন $\dot{C}H_3$, $(CH_3)_2\dot{C}H$, $(CH_3)_3\dot{C}$ ইত্যাদি। মুক্ত মূলকগুলোর যোজ্যতা কক্ষে অযুগ্ম ইলেকট্রন বর্তমান থাকায় রাসায়নিকভাবে এরা খুবই সক্রিয়।

নিজে কর - ২.১ :
আণবিক সংকেত থেকে যৌগের সম্ভাব্য সংকেত, গাঠনিক সংকেত এবং অণুতে বর্তমান কার্যকরী মূলকের গাঠনিক সংকেত লেখ :
(ক) C_2H_4O, (খ) C_2H_6O, (গ) $C_3H_6O_2$, (ঘ) C_3H_6O, (ঙ) $C_4H_6O_3$.

২.৪ শিক্ষার্থীর কাজ : কার্যকরী মূলকের ভিত্তিতে জৈব যৌগের শ্রেণি চিহ্নিতকরণ

কার্যকরী মূলক থেকে তোমরা নিশ্চয়ই জেনেছ প্রতিটি সমগোত্রীয় শ্রেণি যৌগের অণুতে এক একটি ভিন্ন ভিন্ন কার্যকরী মূলকের উপস্থিতি থাকে। যৌগের অণুতে কোনো বিশেষ শ্রেণি যৌগের কার্যকরী মূলকের উপস্থিতি থেকেই ঐ শ্রেণি যৌগকে চিহ্নিত করতে পারবে।

উদাহরণস্বরূপ কোনো হাইড্রোকার্বন শ্রেণি যৌগের অণুতে একটি মাত্র কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধন বর্তমান এবং যৌগটির সাধারণ সংকেত C_nH_{2n} (এখানে n = 2, 3, 4 ..... ইত্যাদি) এখন তোমরা বলবে যৌগটি অ্যালকিন। যেমন $n = 2$, C_2H_4 বা, $CH_2 = CH_2$; $n = 3$, C_3H_6 বা, $CH_3 - CH = CH_2$; এরা প্রত্যেকেই অ্যালকিন শ্রেণি যৌগ।

একইভাবে কোনো হাইড্রোকার্বন শ্রেণি যৌগের অণুতে একটি মাত্র কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধন বর্তমান এবং যৌগের সাধারণ সংকেত C_nH_{2n-2} (এখানে n = 2, 3, 4, ... ইত্যাদি) এখন তোমরা বলবে যৌগটি অ্যালকাইন। যেমন $n = 2$, C_2H_2 বা, $CH \equiv CH$; $n = 3$, C_3H_4 বা, $CH_3 - C \equiv CH$.

এরা প্রত্যেকেই অ্যালকাইন শ্রেণি যৌগ। একইভাবে তোমরা অ্যালডিহাইড, কিটোন, কার্বক্সিলিক এসিড, অ্যামিন ইত্যাদি শ্রেণি যৌগকে কার্যকরী মূলকের ভিত্তিতে নিশ্চয়ই শনাক্ত করতে পারবে।

একই যৌগের অণুতে একাধিক কার্যকরী মূলকের উপস্থিত থাকলে সেক্ষেত্রে মূলকের সক্রিয়তার ক্রমকে অগ্রাধিকারের ভিত্তিতে বিবেচনা করা হয়। কার্যকরী মূলকের সক্রিয়তার অগ্রাধিকার ক্রম, **$-COOH > -SO_3H > -COX > -CONH_2 > -CN > -CHO > =CO > -OH > -SH > -NH_2 > =C=C=> -C\equiv C- > R-O-R > -NO_2$**

২.৫ জৈব যৌগের নামকরণ (Nomenclature of Organic Compounds)

আন্তর্জাতিক পদ্ধতি বা IUPAC পদ্ধতিতে জৈব যৌগের নামকরণ নিচে উল্লেখ করা হলো :

২.৫.১ | অ্যালিফেটিক যৌগের নামকরণ (Nomenclature of Aliphatic compounds)

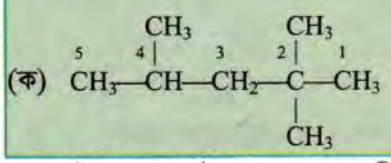
২.৫.১.১ : অ্যালকেনের নামকরণ (Nomenclature of Alkanes) :

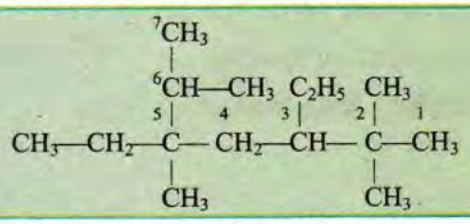
১. প্রতিটি যৌগের নামের শেষে 'এন' লেখা হয়।

২. সর্ববৃহৎ শিকলটিকে প্রধান শিকল হিসেবে নির্বাচন করা হয়।

৩. প্রধান শিকলটিকে এমনভাবে নির্বাচন করা হয় যেন সবগুলো শাখা শিকল সরাসরি প্রধান শিকলের সাথে যুক্ত থাকে। অর্থাৎ শাখা শিকলের কোনো উপশাখা শিকল থাকবে না।

৪. প্রধান শিকলের প্রতিটি কার্বনকে পর্যায়ক্রমে সংখ্যায়িত করা হয়। এক্ষেত্রে যেদিক হতে শাখা শিকল কাছাকাছি ও অপেক্ষাকৃত বেশি সেদিক থেকে প্রধান শিকলের প্রতিটি কার্বনকে পর্যায়ক্রমে সংখ্যায়িত করা হয়। যেমন

(ক) 

(খ) 

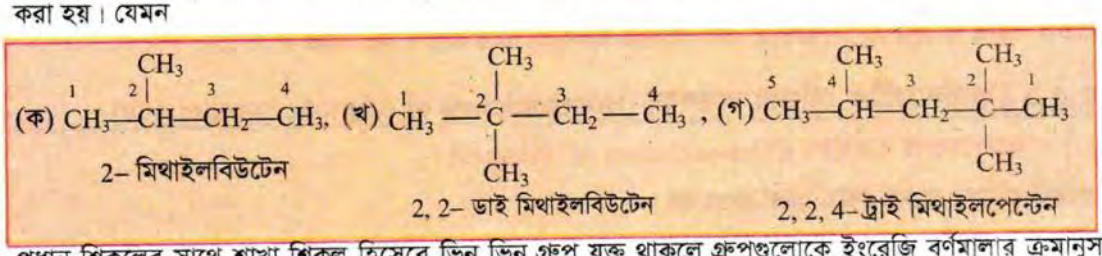
৫. প্রধান শিকলের কার্বনের সংখ্যা অনুযায়ী মূল যৌগের নামকরণ করা হয়ে থাকে। যেমন

অ্যালকেনের গঠন সংকেত	কার্বন পরমাণুর সংখ্যা	মূল শব্দ	অ্যালক্ + এন = অ্যালকেন (alk + ane = alkane)
CH_4	1	মিথ্	মিথ্ + এন = মিথেন
CH_3CH_3	2	ইথ্	ইথ্ + এন = ইথেন
$CH_3CH_2CH_3$	3	প্রোপ্	প্রোপ্ + এন = প্রোপেন
$CH_3CH_2CH_2CH_3$	4	বিউট্	বিউট্ + এন = বিউটেন
$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$	5	পেন্ট্	পেন্ট্ + এন = পেন্টেন
$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	6	হেক্স্	হেক্স্ + এন = হেক্সেন
$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	7	হেপ্ট্	হেপ্ট্ + এন = হেপ্টেন
$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	8	অক্ট্	অক্ট্ + এন = অক্টেন
$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	9	নন্	নন্ + এন = ননেন
$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	10	ডেক্	ডেক্ + এন = ডেকেন

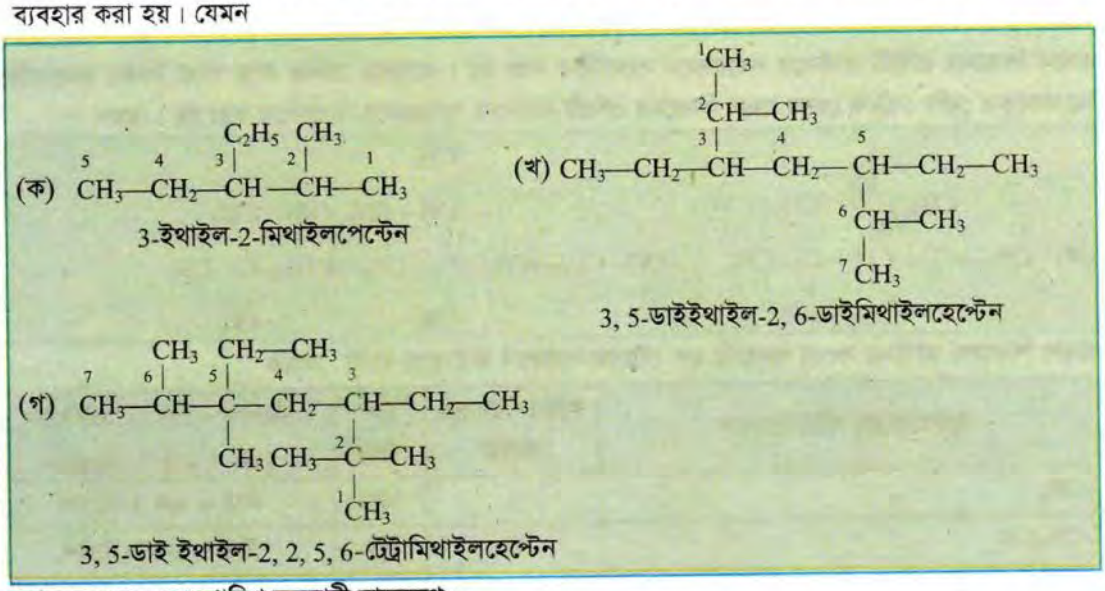
৬. **অ্যালকাইল মূলক :** অ্যালকেন থেকে একটি মাত্র হাইড্রোজেন পরমাণুকে অপসারিত করলে যে মূলক উৎপন্ন হয় তাকে অ্যালকাইল মূলক বলে। অ্যালকাইল মূলকের সাধারণ সংকেত $C_nH_{2n+1} = R$ প্রকৃত অর্থে অ্যালকেন (R – H) হতে একটি H পরমাণুর অপসারণ ঘটালে অ্যালকাইল মূলক – R উৎপন্ন হয়। নামকরণের ক্ষেত্রে অ্যালকেনের মূল নামের শেষে এন (ane) বাদ দিয়ে আইল (yl) যোগ করা হয়। অর্থাৎ (Alkane – ane + yl) = Alkyl।

উদাহরণস্বরূপ : $-CH_3$ (মিথাইল মূলক), $-CH_2-CH_3$ (ইথাইল মূলক), $-CH_2-CH_2-CH_3$ (প্রোপাইল মূলক) ইত্যাদি।

৭. প্রধান শিকলের একই কার্বনের সাথে অথবা ভিন্ন ভিন্ন কার্বনের সাথে একই জাতীয় একাধিক গ্রুপ যুক্ত থাকলে প্রধান শিকলের সংযুক্ত কার্বনের সংখ্যা উল্লেখপূর্বক একই জাতীয় গ্রুপগুলোকে একত্রিত করে গ্রুপের সংখ্যানুযায়ী উচ্চারণ করা হয়। যেমন

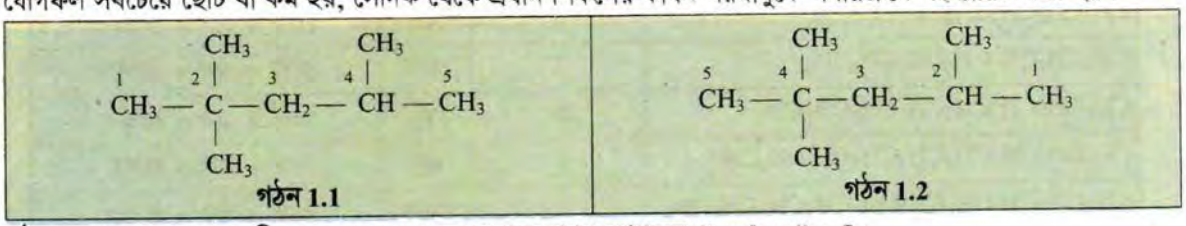


৮. প্রধান শিকলের সাথে শাখা শিকল হিসেবে ভিন্ন ভিন্ন গ্রুপ যুক্ত থাকলে গ্রুপগুলোকে ইংরেজি বর্ণমালার ক্রমানুসারে পর্যায়ক্রমে লেখা হয়। এক্ষেত্রে একই জাতীয় গ্রুপের শেষে ও দুটি ভিন্ন ভিন্ন গ্রুপের মাঝে হাইফেন (–) চিহ্ন ব্যবহার করা হয়। যেমন



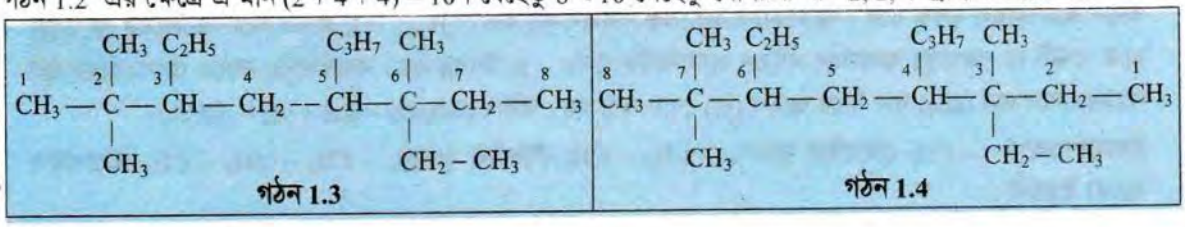
1984 সালের IUPAC সুপারিশ অনুযায়ী নামকরণ :

একাধিক অ্যালকাইল মূলক শাখা শিকল হিসেবে প্রধান শিকলের সাথে বিভিন্নভাবে বিভিন্ন অবস্থানে যুক্ত থাকলে সেক্ষেত্রে নামকরণের নীতিমালা– প্রধান শিকলের যে প্রান্ত থেকে গণনা শুরু করলে অ্যালকাইল মূলকের অবস্থান সূচক সংখ্যার যোগফল সবচেয়ে ছোট বা কম হয়, সেদিক থেকে প্রধান শিকলের কার্বন পরমাণুকে পর্যায়ক্রমে সংখ্যায়িত করা হয়।



গঠন 1.1 এর ক্ষেত্রে অ্যালকিন মূলকের অবস্থান সূচক সংখ্যার যোগফল $(2 + 2 + 4) = 8$।

গঠন 1.2 এর ক্ষেত্রে এ মান $(2 + 4 + 4) = 10$। যেহেতু $8 < 10$ সেহেতু যৌগটির মান 2, 2, 4-ট্রাইমিথাইলপেন্টেন।



গঠন 1.3 এর ক্ষেত্রে অ্যালকিন মূলকের অবস্থান সূচক সংখ্যার যোগফল $(2 + 2 + 3 + 5 + 6 + 6) = 24$

গঠন 1.4 এর ক্ষেত্রে এ মান $(3 + 3 + 4 + 6 + 7 + 7) = 30$

যেহেতু $24 < 30$ সেহেতু যৌগটির সঠিক নাম 3, 6 -ডাই ইথাইল– 2, 2, 6- ট্রাইমিথাইল -5-প্রোপাইলঅক্টেন।

ভাঙনের নিয়ম :

১. $-C_2H_5$ বা, CH_3-CH_2- অথবা, $-CH_2-CH_3$ ($-CH_3$ মূলক সবসময় প্রান্তে অবস্থান করবে)

২. $-C_3H_7$ বা, $CH_3-CH_2-CH_2-$ অথবা $-CH_2-CH_2-CH_3$.

৩. $-C(CH_3)_3$ বা, $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-$ অথবা $-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-CH_3$, ৪. $-(CH_2)_3-$ বা, $-CH_2-CH_2-CH_2-$

৫. $-CH(CH_3)_2$ অথবা, $-C(CH_3)_2H$ বা, $CH_3-\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{CH}}-$ অথবা, $-\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{CH}}-CH_3$

৬. $-C(CH_3)H-$ বা, $-\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{CH}}-$, ৭. $-C(C_2H_5)H-$ বা, $-\overset{\displaystyle CH_2-CH_3}{\overset{|}{CH}}-$, ৮. $-C_2-$ বা, $-C\equiv C-$

উদাহরণস্বরূপ :

১. $C(CH_3)_2H-C(C_2H_5)H-CH_2-C(CH_3)H-CH(CH_3)_2$

$$\overset{1}{CH_3}-\overset{2}{\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{CH}}}-\overset{3}{\underset{\displaystyle CH_2-CH_3}{\overset{|}{CH}}}-\overset{4}{CH_2}-\overset{5}{\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{CH}}}-\overset{6}{\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{CH}}}-\overset{7}{CH_3}$$

বা,

3-ইথাইল-2, 5, 6- ট্রাইমিথাইলহেপ্টেন

২. $CH(CH_3)_2-C(C_2H_5)H-(CH_2)_2-C(CH_3)H-CH(CH_3)_2$

$$\overset{1}{CH_3}-\overset{2}{\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{CH}}}-\overset{3}{\underset{\displaystyle CH_2-CH_3}{\overset{|}{CH}}}-\overset{4}{CH_2}-\overset{5}{CH_2}-\overset{6}{\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{CH}}}-\overset{7}{\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{CH}}}-\overset{8}{CH_3}$$

বা,

3-ইথাইল-2, 6, 7- ট্রাইমিথাইলঅক্টেন

৩. $C_2H_5-\underset{\displaystyle CH(CH_3)_2}{\overset{|}{CH}}-(CH_2)_3-CH(C_2H_5)-C(CH_3)_3$

$$\overset{9}{CH_3}-\overset{8}{\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{CH}}}-\overset{7}{\underset{\displaystyle C_2H_5}{\overset{|}{CH}}}-\overset{6}{CH_2}-\overset{5}{CH_2}-\overset{4}{CH_2}-\overset{3}{CH}-\overset{2}{\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}}-\overset{1}{CH_3}$$

বা,

$$\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{CH_3}}$$

3, 7-ডাই ইথাইল-2, 2, 8- ট্রাইমিথাইলননেন

অতি প্রাচীনকালের কথা। তখনকার দিনে জৈব যৌগকে আইসো, নিও নামে নামকরণ করা হতো। যৌগের অণুতে একটি মিথাইল মূলক ($-CH_3$) শাখা শিকল হিসেবে থাকলে যৌগের নামের পূর্বে 'আইসো' শব্দটি যুক্ত করা হতো। যেমন,

$CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{CH}}-CH_3$ (আইসো বিউটেন)

$CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{CH}}-CH_2-CH_3$ (আইসো পেন্টেন)। আর একই কার্বনের সাথে দুটি মিথাইল গ্রুপ শাখা শিকল হিসেবে যুক্ত থাকলে সেক্ষেত্রে 'নিও' শব্দটি ব্যবহার করা হতো।

যেমন $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-CH_3$ (নিওপেন্টেন)। এক্ষেত্রে যৌগের অণুতে মোট কার্বনের সংখ্যাকে হিসেবের মধ্যে আনা হতো।

দলগতভাবে কর – ২.২ : নিচের অ্যালকেনগুলোর নাম লেখ

১. $C(CH_3)_3-(CH_2)_2-C(CH_3)_3$.

২. $C(CH_3)_2H-C(C_2H_5)H-CH_2-C(C_2H_5)H-C(CH_3)_3$.

৩. $CH_3-(CH_2)_2-C(C_2H_5)H-C(CH_3)_2-CH_3$.

৪. $C_2H_5-C(C_3H_7)H-CH_2-C(C_2H_5)H-C(CH_3)_2H$.

৫. $C(CH_3)_2H-C(C_2H_5)H-CH_2-C(CH_3)_3$.

৬. $CH(CH_3)_2-CH(C_2H_5)-(CH_2)_2-C(CH_3)H-C(CH_3)_3$.

৭. $C(CH_3)_2H-C(C_2H_5)H-C(C_3H_7)H-CH_2-C(CH_3)H-C(C_2H_5)H-C(CH_3)_3$.

২.৫.১.২ : অ্যালকিনের নামকরণ (Nomenclature of Alkenes) :

১. প্রতিটি যৌগের নামের শেষে 'ইন' লেখা হয়।

২. কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন (≥C = C≤) কে অন্তর্ভুক্ত রেখে বৃহত্তর শিকলটিকে প্রধান শিকল হিসেবে নির্বাচন করা হয়।

৩. প্রধান শিকলটিকে এমনভাবে নির্বাচন করা হয় যেন সবগুলো শাখা শিকল সরাসরি প্রধান শিকলের সাথে সংযুক্ত থাকে। অর্থাৎ শাখা শিকলের কোনো উপশাখা শিকল থাকবে না।

৪. প্রধান শিকলে অন্তর্ভুক্ত প্রতিটি কার্বনকে সংখ্যায়িত করা হয়। এক্ষেত্রে যেদিক থেকে কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধন (≥C = C≤) কাছাকাছি হয় সেদিক থেকে প্রধান শিকলের প্রতিটি কার্বনকে পর্যায়ক্রমে সংখ্যায়িত করা হয়। যেমন

(ক) $\overset{4}{CH_3}-\overset{3}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}}-\overset{2}{CH}=\overset{1}{CH_2}$ (সঠিক চিহ্নিতকরণ); $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}-CH=CH_2$ (ভুল চিহ্নিতকরণ)

(খ) $\overset{6}{CH_3}-\overset{5}{CH}(CH_3)-\overset{4}{CH}(CH_2-CH_3)-\overset{3}{CH}=\overset{2}{CH}-\overset{1}{CH_3}$ (গ) $\overset{4}{CH_3}-\overset{3}{CH}(CH_3)-\overset{2}{C}(=\overset{1}{CH_2})-CH_2-CH_3$

৫. যদি প্রধান শিকলের উভয় দিক থেকে কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন একই দূরত্বে হয় তবে সেক্ষেত্রে যেদিক থেকে শাখা শিকল কাছাকাছি ও অপেক্ষাকৃত বেশি, সেদিক থেকে প্রধান শিকলের প্রতিটি কার্বনকে পর্যায়ক্রমে সংখ্যায়িত করা হয়। যেমন

(ক) $\overset{6}{CH_3}-\overset{5}{CH}(CH_3)-\overset{4}{CH}=\overset{3}{CH}-\overset{2}{C}(CH_3)-\overset{1}{CH_3}$ (খ) $\overset{8}{CH_3}-\overset{7}{CH}(CH_3)-\overset{6}{C}(CH_3)-\overset{5}{CH}=\overset{4}{CH}-\overset{3}{CH}(C_2H_5)-\overset{2}{C}(CH_3)-\overset{1}{CH_3}$

৬. 1993 সালের IUPAC সুপারিশ অনুযায়ী জৈব যৌগে বৃহৎ কার্বন শিকল নির্ধারণের ক্ষেত্রে কিছু নির্দেশনা প্রদান করা হয়েছে।

ক. যদি কোনো জৈব যৌগের নামকরণের ক্ষেত্রে বৃহৎ কার্বন শিকল নির্ধারণের সময় একাধিক সমান শাখা শিকল দেখা যায়, তখন যে কার্বন শিকলে সর্বাধিক সংখ্যক প্রতিস্থাপিত গ্রুপ থাকবে তাকেই প্রাধান্য দিতে হবে। যেমন,

$\overset{6}{CH_3}-\overset{5}{CH}(CH_3)-\overset{4}{CH}=\overset{3}{C}(C_2H_5)-\overset{2}{C}(CH_3)_2-\overset{1}{CH_3}$

3-ইথাইল-2, 2, 5-ট্রাইমিথাইল হেক্স-3-ইন

খ. প্রধান শিকলে দ্বিবন্ধনকে অন্তর্ভুক্ত রেখেই বৃহৎ কার্বন শিকল নির্ধারণ করতে হয়। যেমন,

$CH_3-CH_2-CH_2-\overset{2}{C}(=\overset{1}{CH_2})-\overset{3}{CH_2}-\overset{4}{CH_2}-\overset{5}{CH_3}$

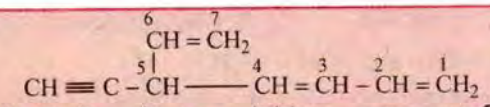
এ যৌগটির সঠিক IUPAC নাম 2-প্রোপাইলপেন্ট-1-ইন। যদি 7টি কার্বনের সর্ববৃহৎ শিকলটিকে নেওয়া হতো তবে দ্বিবন্ধনের একটিমাত্র কার্বনের অন্তর্ভুক্তি ঘটে। সুতরাং প্রধান শিকল হিসেবে 7টি কার্বনকে অন্তর্ভুক্তি করা যাবে না।

গ. প্রধান শিকলের উভয়দিক থেকে দ্বিবন্ধন একই দূরত্বে অবস্থান করলে প্রধান শিকলের সাথে যুক্ত শাখা শিকলের নিকটতম দূরত্বকে প্রাধান্য দিতে হয়। যেমন,

$\overset{6}{CH_3}-\overset{5}{CH_2}-\overset{4}{C}(C_2H_5)=\overset{3}{CH}-\overset{2}{CH}(CH_3)-\overset{1}{CH_3}$

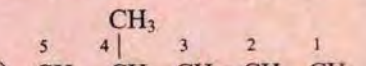
এ যৌগটির সঠিক নাম : 4-ইথাইল-2-মিথাইলহেক্স-3-ইন।

ঘ. যদি এমনটি হয় যে, দ্বিবন্ধন ও ত্রিবন্ধন উভয়ই বর্তমান এবং অসম্পৃক্ততা ধরে একাধিক সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুর শিকল সম্ভব, তবে সেক্ষেত্রে সেই শিকলকে প্রাধান্য দিতে হবে যে শিকলে সর্বোচ্চ সংখ্যক দ্বিবন্ধন উপস্থিত থাকবে। যেমন,



এ যৌগটির সঠিক নাম : 5-ইথাইনাইলহেপ্ট-1, 3, 6-ট্রাইইন। এভাবে সংখ্যায়িত করার ফলে দ্বিবন্ধনের অবস্থান 1 –2, 3 – 4 ও 6 – 7 কার্বনের মধ্যে হয়েছে। বিপরীত থেকে সংখ্যায়িত করলে দ্বিবন্ধনের অবস্থান হতো 1 – 2, 4 – 5 ও 6 – 7 এটি সঠিক পদ্ধতি নয়।

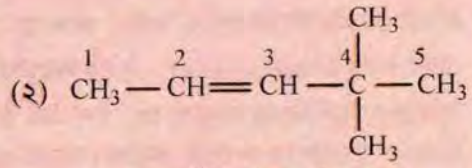
(১)



4-মিথাইলপেন্ট-2-ইন

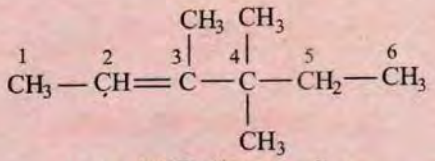
4-মিথাইল-2-পেন্টিন বা, 4-মিথাইলপেন্টিন-2 না বলাই ভালো।

(২)



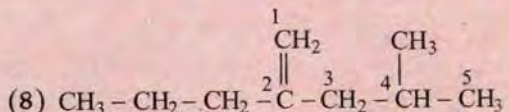
4, 4-ডাইমিথাইলপেন্ট-2-ইন

(৩)



3, 4, 4-ট্রাইমিথাইলহেক্স-2-ইন

(৪)

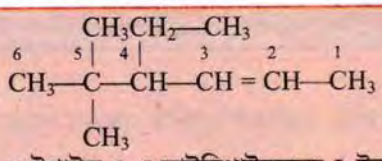


4-মিথাইল-2-প্রোপাইলপেন্ট-1-ইন

1979 সালের IUPAC সুপারিশ অনুযায়ী প্রধান শিকলের যে যে কার্বনের মধ্যে কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন বর্তমান থাকে সে সে কার্বনের প্রথম কার্বনের গাণিতিক সংখ্যাকে 'ইন' এর শেষে বা পূর্বে বা মাঝে হাইফেন (-) চিহ্ন ব্যবহার করে উল্লেখ করা হয়। কিন্তু আধুনিককালে আর এ রীতি অনুসরণ করা হয় না। 1984 ও 1993 সালে এ রীতির পরিবর্তন করে অ্যালকিন যৌগে যে যে কার্বনের মধ্যে কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন বর্তমান সেই সেই কার্বনের প্রথম কার্বনের গাণিতিক সংখ্যাকে ইন এর মাঝে হাইফেন (-) চিহ্ন ব্যবহার করে উল্লেখ করা হয়। একবিংশ শতাব্দীতে আমাদের নতুন প্রজন্মকে পিছিয়ে না নিয়ে আন্তর্জাতিক মানসম্পন্ন করে গড়ে তোলাই সকল শিক্ষকের নৈতিক দায়িত্ব ও সামাজিক দায়বদ্ধতা।

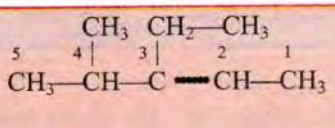
৭. প্রধান শিকলের সাথে যুক্ত শাখা শিকলগুলোকে অ্যালকেন এর রীতি অনুযায়ী উল্লেখ করা হয়। যেমন

(ক)



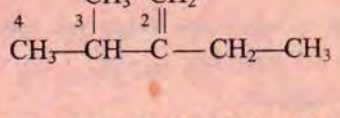
4-ইথাইল-5, 5-ডাইমিথাইলহেক্স-2-ইন

(খ)



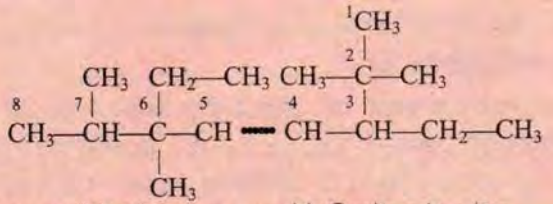
3-ইথাইল-4-মিথাইলপেন্ট-2-ইন

(গ)



2-ইথাইল-3-মিথাইলবিউট-1-ইন

(ঘ)



3, 6-ডাইইথাইল-2, 2, 6, 7-টেট্রামিথাইলঅক্ট-4-ইন

৮. **অ্যালকিনাইল মূলক (Alkenyl radical) :** অ্যালকিন অণু হতে একটি মাত্র হাইড্রোজেন পরমাণুকে অপসারিত করলে যে মূলক সৃষ্টি হয় তাকে অ্যালকিনাইল মূলক বলে। অ্যালকিনের সাধারণ সংকেত C_nH_{2n}। এখানে n = 2, 3, 4 ... ইত্যাদি। অ্যালকিনাইল মূলকের সাধারণ সংকেত C_nH_{2n-1}। নামকরণের ক্ষেত্রে অ্যালকিনের মূল নামের শেষে e কে বাদ দিয়ে আইল (yl) যোগ করা হয়। অর্থাৎ (Alkene – e + yl) = Alkenyl।

উদাহরণস্বরূপ : $CH_2 = CH –$ (ভিনাইল মূলক), $CH_2 = CH – CH_2 –$ (অ্যালাইল মূলক) ইত্যাদি।

দলগতভাবে কর – ২.৩ : নিচের অ্যালকিনসমূহের নাম লেখ

১. $CH_3 - C(C_2H_5)H - C(CH_2) - C_2H_5$ ২. $CH(CH_3)_2 - C(C_2H_5)H - CH = CH - CH(CH_3)_2$

৩. $CH_3 - C(CH_3)H - CH = C(C_2H_5) - CH(CH_3)_2$ ৪. $CH_3C(CH_3) = CH - (CH_2)_2 - C(C_2H_5)H - CH(CH_3)_2$;

৫. $C(CH_3)_2H - C(C_2H_5)(CH_3) - CH = CH - C(C_2H_5)H - C(CH_3)_3$

৬. $CH(CH_3)_2 - C(C_2H_5)H - CH_2 - C(C_2H_5) = C(C_3H_7) - CH_2 - C(C_2H_5)H - CH(CH_3)_2$

৭. $CH_3 - C(CH_3)_2 - C(C_2H_5)H - CH = C(C_3H_7) - C_2H_5$.

২.৫.১.৩ : অ্যালকাইনের নামকরণ (Nomenclature of Alkynes) :

১. প্রতিটি যৌগের নামের শেষে 'আইন' লেখা হয়।

২. কার্বন কার্বন ত্রিবন্ধন (—C ≡ C—) কে অন্তর্ভুক্ত রেখে বৃহত্তর শিকলটিকে প্রধান শিকল হিসেবে নির্বাচন করা হয়।

৩. বাকি সব অ্যালকিনের অনুরূপ শুধু 'ইন' এর স্থলে 'আইন' পরিবর্তন করে লিখতে হবে এবং 1984 ও 1993 সালের IUPAC সুপারিশকে অবশ্যই অনুসরণ করতে হবে। উদাহরণস্বরূপ :

(ক) $CH_3-\overset{\overset{CH_3}{|}}{\underset{3}{CH}}-\overset{2}{C}\equiv\overset{1}{CH}$

(3-মিথাইলবিউট-1-আইন)

3 মিথাইল-1-বিউটাইন বা, 3-মিথাইলবিউটাইন-1 না বলাই ভালো।

(খ) $CH_3-\overset{\overset{CH_3}{|}}{\underset{4}{C}}-\overset{3}{C}\equiv\overset{2}{C}-\overset{1}{CH_3}$

(4, 4-ডাইমিথাইলপেন্ট-2-আইন)

(গ) $CH_3-\overset{6}{CH}(\overset{CH_3}{|})-\overset{5}{CH}(\overset{CH_2-CH_3}{|})-\overset{4}{C}\equiv\overset{3}{C}-\overset{2}{CH}(\overset{CH_3}{|})-\overset{1}{CH}$

(5-ইথাইল-2, 6-ডাইমিথাইলহেপ্ট-3-আইন)

(ঘ) $\overset{1}{CH_3}-\overset{2}{CH}(\overset{CH_3}{|})-\overset{3}{C}\equiv\overset{4}{C}-\overset{5}{CH}(\overset{CH_3}{|})-\overset{6}{CH_3}$

(2, 5-ডাইমিথাইলহেক্স-3-আইন)

(ঙ) $\overset{1}{CH_3}-\overset{2}{C}\equiv\overset{3}{C}-\overset{4}{CH}(\overset{CH_3}{|})-\overset{5}{CH_3}$

(4-মিথাইলপেন্ট-2-আইন)

(চ) $CH_3-\overset{\overset{CH_3}{|}}{\underset{3}{C}}-\overset{2}{CH}-\overset{1}{C}\equiv\overset{4}{C}-\overset{\overset{CH_3}{|}}{\underset{5}{C}}-\overset{\overset{CH_3}{|}}{\underset{6}{CH}}-\overset{7}{CH}-\overset{8}{CH_3}$

(3, 6-ডাইইথাইল-2, 2, 6, 7- টেট্রামিথাইলঅক্ট-4-আইন)

মনে রাখবে :

১. IUPAC নীতি অনুসারে এখন আর যৌগের দ্বিবন্ধন, ত্রিবন্ধন অথবা অন্যকোন কার্যকরী মূলকের অবস্থান সূচক সংখ্যাকে কার্যকরী মূলকের পূর্বে অথবা শেষে বসানো হয় না। যেমন $\overset{4}{CH_3}-\overset{3}{CH_2}-\overset{2}{CH}=\overset{1}{CH_2}$ যৌগের সঠিক নাম বিউট-1-ইন, কিন্তু 1-বিউটিন বা বিউটিন –1 নয়। একইভাবে $\overset{1}{CH_3}-\overset{2}{C}\equiv\overset{3}{C}-\overset{4}{CH_3}$ যৌগের সঠিক নাম বিউট-2-আইন, কিন্তু 2-বিউটাইন বা বিউটাইন- 2 নয়।

২. দ্বিতীয় কোন সম্ভাবনা না থাকলে জৈব যৌগে উপস্থিত দ্বিবন্ধন, ত্রিবন্ধন বা অন্যকোনো কার্যকরী মূলকের অবস্থান সূচক সংখ্যা উল্লেখ করার প্রয়োজন নেই। যেমন (i) $CH_3 - CH = CH_2$ (প্রোপিন) (ii) $CH_3 - C \equiv CH$ (প্রোপাইন), (iii) $CH_3 - CH_2 - CHO$ (প্রোপান্যাল), (iv) $CH_3 - CO - CH_3$ (প্রোপানোন), (v) $CH_3 - CH_2 - CO - CH_3$ (বিউটানোন)।

দলগতভাবে কর – ২.৪ : উল্লিখিত অ্যালকাইনগুলোর নাম লেখ

১. $CH_3 - CH_2 - C \equiv C - CH_3$ ২. $CH_3 - C(CH_3)_2 - C \equiv C - CH_3$

৩. $CH_3 - C(C_2H_5)H - C \equiv C - C(CH_3)_2H$. ৪. $CH(CH_3)_2 - CH(C_2H_5) - C_2 - CH(CH_3)_2$.

৫. $C_2H_5 - C(CH_3)_2 - C \equiv C - CH(CH_3)_2$ ৬. $CH_3 - C(CH_3)_2 - CH_2 - C(C_2H_5)H - C_2 - (CH_2)_2 - C(CH_3)_3$

৭. $CH_3 - CH(CH_3) - C(C_2H_5)H - C \equiv C - CH_2 - C(CH_3)_3$.

পৃথকভাবে একাধিক দ্বিবন্ধন ও ত্রিবন্ধন যুক্ত যৌগের নামকরণ : হাইড্রোকার্বনের অণুতে দুটি বা তিনটি কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন থাকলে এদেরকে যথাক্রমে অ্যালকা-ডাইইন (Alka-diene) ও অ্যালকা-ট্রাইইন (Alka-triene) বলা হয়ে থাকে। একইভাবে যদি হাইড্রোকার্বনের অণুতে দুটি বা তিনটি কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধন বর্তমান থাকে তবে সেক্ষেত্রে এদেরকে অ্যালকা-ডাইআইন (Alka-diyne) ও অ্যালকা-ট্রাইআইন (Alka-triyne) বলা হয়ে থাকে। উদাহরণস্বরূপ :

১. $\overset{1}{CH_2}=\overset{2}{CH}-\overset{3}{CH}=\overset{4}{CH_2}$ (বিউট-1, 3-ডাইইন)	২. $\overset{1}{CH_2}=\overset{2}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{C}}}-\overset{3}{CH_2}-\overset{4}{CH}=\overset{5}{CH}-\overset{6}{CH_3}$ (2-মিথাইলহেক্স-1, 4-ডাইইন)
৩. $\overset{1}{CH_2}=\overset{2}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{C}}}-\overset{3}{CH}=\overset{4}{CH_2}$ (2-মিথাইলবিউট-1, 3-ডাইইন)	৪. $\overset{1}{CH_3}-\overset{2}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{C}}}=\overset{3}{CH}-\overset{4}{\underset{\displaystyle CH_2-CH_3}{\underset{\vert}{CH}}}-\overset{5}{CH}=\overset{6}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{C}}}-\overset{7}{CH_3}$ 4-ইথাইল-2, 6-ডাইমিথাইলহেপ্ট-2, 5-ডাইইন
৫. $\overset{6}{CH_3}-\overset{5}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{C}}}=\overset{4}{CH}-\overset{3}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{CH}}}-\overset{2}{CH}=\overset{1}{CH_2}$ (3, 5-ডাই মিথাইলহেক্স-1, 4-ডাইইন)	৬. $\overset{1}{CH_3}-\overset{2}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{C}}}=\overset{3}{CH}-\overset{4}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{C}}}=\overset{5}{CH}-\overset{6}{CH_2}-\overset{7}{CH_3}$ (2, 4-ডাই মিথাইলহেপ্ট-2, 4-ডাইইন)
৭. $\overset{5}{CH_3}-\overset{4}{C}\equiv\overset{3}{C}-\overset{2}{C}\equiv\overset{1}{CH}$ (পেন্ট-1, 3-ডাইআইন)	৮. $\overset{7}{CH_3}-\overset{6}{CH_2}-\overset{5}{C}\equiv\overset{4}{C}-\overset{3}{CH_2}-\overset{2}{C}\equiv\overset{1}{CH}$ (পেন্ট-1, 4-ডাইআইন)
৯. $\overset{8}{CH_3}-\overset{7}{C}\equiv\overset{6}{C}-\overset{5}{CH_2}-\overset{4}{C}\equiv\overset{3}{C}-\overset{2}{C}\equiv\overset{1}{CH}$ (অক্ট-1, 3, 6-ট্রাইআইন)	১০. $\overset{1}{CH}\equiv\overset{2}{C}-\overset{3}{C}\equiv\overset{4}{C}-\overset{5}{C}\equiv\overset{6}{CH}$ (হেক্স-1, 3, 5-ট্রাইআইন)
১১. $\overset{6}{CH_3}-\overset{5}{C}\equiv\overset{4}{C}-\overset{3}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{CH}}}-\overset{2}{C}\equiv\overset{1}{CH}$ (3-মিথাইলহেক্স-1, 4-ডাইআইন)	১২. $\overset{8}{CH_3}-\overset{7}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{CH}}}-\overset{6}{C}\equiv\overset{5}{C}-\overset{4}{C}\equiv\overset{3}{C}-\overset{2}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{C}}}-\overset{1}{CH_2}$ (2, 2, 7-ট্রাই মিথাইলঅক্ট-3, 5-ডাইআইন)
১৩. $\overset{7}{CH_3}-\overset{6}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{C}}}=\overset{5}{CH}-\overset{4}{CH_2}-\overset{3}{\underset{\displaystyle CH_3-CH_2}{\underset{\vert}{C}}}=\overset{2}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{C}}}-\overset{1}{CH_3}$ (3-ইথাইল-2, 6-ডাইমিথাইলহেপ্ট-2, 5-ডাইইন)	

মনে রাখবে : কোনো হাইড্রোকার্বনের অণুতে দুটি দ্বিবন্ধন থাকলে তাকে ডাইঅলিফিন বা অ্যালকাডাইন বলে। সাধারণ সংকেত C_nH_{2n-2}। কোনো হাইড্রোকার্বন অণুতে তিনটি দ্বিবন্ধন থাকলে তাকে ট্রাইঅলিফিন বা অ্যালকাট্রাইন বলে। সাধারণ সংকেত C_nH_{2n-4}।

তিন ধরনের অ্যালকাডাইন হতে পারে।

১. **বিচ্ছিন্ন দ্বিবন্ধনযুক্ত হাইড্রোকার্বন :** এ ধরনের অ্যালকাডাইন সাধারণ অ্যালকিনের মতো বিক্রিয়া করে।

$\overset{1}{CH_2}=\overset{2}{CH}-\overset{3}{CH_2}-\overset{4}{CH_2}-\overset{5}{CH}=\overset{6}{CH}$ (হেক্সা-1, 5-ডাইন)

২. **পরস্পর দ্বিবন্ধনযুক্ত হাইড্রোকার্বন :** $CH_2=C=CH_2$ (প্রোপা-ডাইন)

৩. **অনুবন্ধী দ্বিবন্ধন যুক্তহাইড্রোকার্বন :** এসব হাইড্রোকার্বন অণুতে কার্বন-কার্বন একক বন্ধন ও কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন একান্তরভাবে থাকে, অর্থাৎ পরস্পর থাকে। যেমন, $\overset{1}{CH_2}=\overset{2}{CH}-\overset{3}{CH}=\overset{4}{CH_2}$ (বিউটা-1, 3-ডাইইন)

একই যৌগের অণুতে কার্বন -কার্বন দ্বিবন্ধন ($\geq C = C \leq$) ও কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধন ($- C \equiv C -$) উভয় কার্যকরী মূলক উপস্থিত থাকলে : একই যৌগের অণুতে কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন ($\geq C = C \leq$) ও কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধন ($- C \equiv C -$) উভয় কার্যকরী মূলক উপস্থিত থাকলে যৌগের নামের সাথে 'ইন' ও 'আইন' উভয়েই প্রত্যয়রূপে ব্যবহৃত হয়। সাধারণ নিয়ম অনুযায়ী ইংরেজি বর্ণমালার ক্রম অনুযায়ী 'ইন' প্রথমে এবং 'আইন' পড়ে বসবে। অর্থাৎ যৌগটিকে অ্যালকিনাইন হিসেবে নামকরণ করা হয়। এক্ষেত্রে শিকলের অসম্পৃক্ত কার্বনকে সম্ভাব্য সর্বনিম্ন সংখ্যা দিয়ে চিহ্নিত করা হয়। অর্থাৎ প্রধান শিকলের কার্বন পরমাণুকে সেইদিক থেকে সংখ্যায়িত হয় যে দিক থেকে শুরু করলে $\geq C = C \leq$ বা, $- C \equiv C -$ এর মধ্যে যেকোনো একটিকে আগে পাওয়া যায়। তবে এক্ষেত্রে এক প্রান্ত থেকে দ্বিবন্ধনের উপর যে সংখ্যা আরোপিত হয় অপর প্রান্ত থেকে ত্রিবন্ধনের উপর যদি একই সংখ্যা আরোপিত হয়, সেক্ষেত্রে কিন্তু দ্বিবন্ধন প্রাধান্য পায়। অর্থাৎ এক্ষেত্রে দ্বিবন্ধনের দিক থেকে প্রধান শিকলকে সংখ্যায়িত করা হয়; কিন্তু মূল নাম 'আইন' দিয়েই শেষ হয়। উদাহরণস্বরূপ :

(i) $\overset{6}{C}H \equiv \overset{5}{C} - \overset{4}{C}H_2 - \overset{3}{C}H_2 - \overset{2}{C}H = \overset{1}{C}H_2$ (হেক্স – 1 – ইন – 5 – আইন)

এক্ষেত্রে প্রধান শিকলের কার্বনকে যে প্রান্ত থেকেই সংখ্যায়িত করা হোক না কেন দ্বিবন্ধন ও ত্রিবন্ধনের অবস্থান অভিন্ন থাকে। কিন্তু প্রধান শিকলের ডান দিক থেকে সংখ্যায়িত করার ফলে দ্বিবন্ধনের অবস্থান ত্রিবন্ধনের অবস্থান থেকে কম মানের সংখ্যা দিক দিয়ে আগে চিহ্নিত হয়। তাই প্রধান শিকলের কার্বনের সংখ্যাকে ডানদিক থেকে শুরু করা হয়েছে।

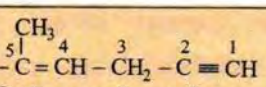
(ii) $\overset{7}{C}H_3 - \overset{6}{C}H = \overset{5}{C}H - \overset{4}{C}H_2 - \overset{3}{C}H_2 - \overset{2}{C} \equiv \overset{1}{C}H$ (হেপ্ট–5–ইন–1–আইন)

এক্ষেত্রে ডানদিক থেকে প্রধান শিকলের গঠনকে সংখ্যায়িত করার ফলে অসম্পৃক্ত কার্বনের সংখ্যা 1 নং কার্বন হয়েছে। কিন্তু বামদিক থেকে শুরু করলে অসম্পৃক্ত কার্বনের সংখ্যা 2নং কার্বন হতো। তাই ডানদিক থেকে প্রধান শিকলের কার্বনকে সংখ্যায়িত করা হয়েছে।

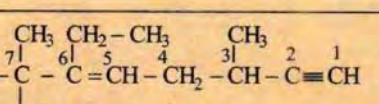
তবে এক্ষেত্রে 1993 সালের IUPAC সুপারিশকে অনুসরণ করাই শ্রেয়। বর্তমানে পৃথিবীর প্রতিটি দেশেই 1993 সালের IUPAC সুপারিশ অনুযায়ী জৈব যৌগের নামকরণ করা হয়। এর পূর্ণাঙ্গ রীতি নিম্নরূপ :

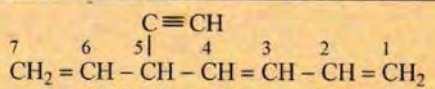
একই হাইড্রোকার্বন অণুতে কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন ও ত্রিবন্ধন বর্তমান থাকলে প্রথমে অ্যালকিনরূপে বিবেচনা ও সংখ্যায়িত করে এরপর Alkene এর e স্থলে yne বসিয়ে দ্বিবন্ধন ও ত্রিবন্ধনের অবস্থান উল্লেখ করে যৌগের নামকরণ করতে হয়। অর্থাৎ (Alkene − e + yne) = Alkenyne এভাবে লেখা হয়। তবে যদি এমন হয় যে গণনার ফলে দ্বিবন্ধন এবং ত্রিবন্ধনের সংখ্যা একই হয় তবে সেক্ষেত্রেও সর্ববৃহৎ কার্বন শিকল গণনায় দ্বিবন্ধন প্রাধান্য পায় কিন্তু মূল নাম আইন দ্বারাই শেষ হয়।

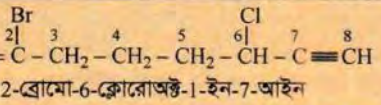
১. $\overset{1}{C}H_2 = \overset{2}{C}H - \overset{3}{C} \equiv \overset{4}{C}H$ বিউট-1-ইন-3-আইন	২. $\overset{5}{C}H_3 - \overset{4}{C}H = \overset{3}{C}H - \overset{2}{C} \equiv \overset{1}{C}H$ পেন্ট-3-ইন-1-আইন
৩. $\overset{5}{C}H \equiv \overset{4}{C} - \overset{3}{C}H_2 - \overset{2}{C}H = \overset{1}{C}H_2$ পেন্ট-1-ইন-4-আইন	৪. $\overset{7}{C}H_3 - \overset{6}{C} \equiv \overset{5}{C} - \overset{4}{C}H(\overset{\overset{\overset{3}{C}H_3}{|}}{}) - \overset{3}{C}H = \overset{2}{C}H - \overset{1}{C}H_3$ 4-মিথাইলহেপ্ট-2-ইন-5-আইন
৫. $\overset{8}{C}H_3 - \overset{7}{C} \equiv \overset{6}{C} - \overset{5}{C}H(\overset{\overset{\overset{4}{C}H_2 - \overset{3}{C}H_3}{|}}{}) - \overset{4}{C}H = \overset{3}{C}(\overset{\overset{\overset{2}{C}H_3}{|}}{}) - \overset{2}{C}H_2 - \overset{1}{C}H_3$ 5-ইথাইল-3-মিথাইলঅক্ট-3-ইন-6-আইন	৬. $\overset{1}{C}H_3 - \overset{2}{C}(\overset{\overset{\overset{3}{C}H_3}{|}}{}) = \overset{3}{C}H - \overset{4}{C}H(\overset{\overset{\overset{5}{C}H_2 - \overset{6}{C}H_3}{|}}{}) - \overset{5}{C} \equiv \overset{6}{C} - \overset{7}{C}H_3$ 4-ইথাইল-2-মিথাইলহেপ্ট-2-ইন-5-আইন
৭. $\overset{1}{C}H_2 = \overset{2}{C}H - \overset{3}{C}H(CH_3) - \overset{4}{C}H_2 - \overset{5}{C} \equiv \overset{6}{C}H$ 3–মিথাইলহেক্স–1–ইন–5–আইন	৮. $\overset{1}{C}H_2 = \overset{2}{C}H - \overset{3}{C}H(\overset{\overset{\overset{

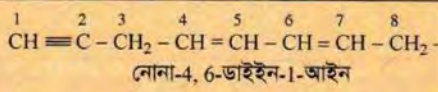
৯. 
5-মিথাইলহেক্স-4-ইন-1-আইন

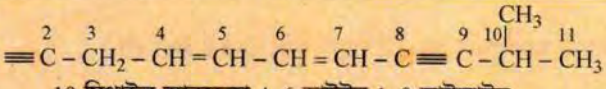
মনে রাখবে : প্রান্তে ত্রিবন্ধনের অবস্থান এবং দ্বিবন্ধনের অবস্থান যৌগের মাঝে থাকলে প্রধান শিকলের কার্বনের সংখ্যা সংখ্যায়িত করার ক্ষেত্রে ত্রিবন্ধনকে প্রাধান্য দেয়া হয় এবং যৌগের মূল নাম আইন দ্বারাই শেষ হয়। ৯, ১০ ও ১৩নং উদাহরণ এ রীতি অনুসরণ করা হয়েছে।

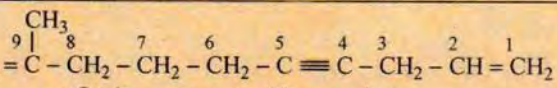
১০. 
(6-ইথাইল-3, 7, 7-ট্রাইমিথাইলঅক্ট-5-ইন-1-আইন)

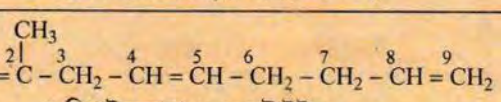
১১. 
5-ইথাইনাইলহেপ্ট-1, 3, 6-ট্রাইইন

১২. 
2-ব্রোমো-6-ক্লোরোঅক্ট-1-ইন-7-আইন

১৩. 
নোনা-4, 6-ডাইইন-1-আইন

১৪. 
10-মিথাইল আনডেকা-4, 6-ডাইইন-1, 8-ডাইআইন

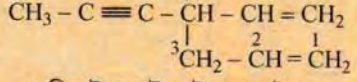
১৫. 
9-মিথাইলডেকা-1, 9-ডাইইন-4-আইন

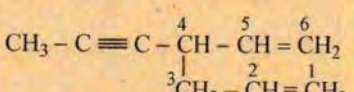
১৬. 
2-মিথাইলনোনা-1, 4, 8-ট্রাইইন

মনে রাখবে : যদি কোনো জৈব যৌগে দ্বিবন্ধন ও ত্রিবন্ধন বর্তমান থাকে কিন্তু বৃহত্তর কার্বন শিকল নির্ধারণের ক্ষেত্রে সর্বোচ্চ সংখ্যক দ্বিবন্ধন ধরে যে শিকল পাওয়া যায়, তার তুলনায় দ্বিবন্ধন ও ত্রিবন্ধন ধরে বৃহত্তর কার্বন শিকল সম্ভব সেই শিকলকেই প্রাধান্য দিতে হবে।

কিন্তু যৌগটিকে যদি নিম্নরূপে সংখ্যায়িত করা হয় তাহলে নামকরণ ভুল হবে।

এ আলোচনা থেকে সহজেই অনুমান করা যায় যে জৈব যৌগের নামকরণের ক্ষেত্রে IUPAC পদ্ধতি প্রচলিত হওয়ায় প্রচুর সংখ্যক জৈব যৌগের সঠিক নামকরণ সম্ভব হয়েছে।


4-ভিনাইলহেপ্ট-1-ইন-5-আইন


4-(প্রপ-1-আইন) হেক্স-1, 5-ডাইইন

তথ্যসূত্র : A guide to IUPAC Nomenclature of organic compounds, Recommendation 1993।

দলগতভাবে কর – ২.৫ : নিচের যৌগগুলোর নাম লেখ

১. $CH_2 = C(CH_3) - CH = C(CH_3)_2$;
২. $CH_3 - C(CH_3) = CH - CH(C_2H_5) - C(CH_3) = CH - CH_3$
৩. $CH(CH_3)_2 - C \equiv C—CH(CH_3) - C \equiv CH$;
৪. $CH_3—C \equiv C—CH(C_2H_5) - C \equiv C - CH_3$
৫. $CH_3 - C_2 - CH_2 - CH = CH_2$,
৬. $CH_2 = CH - CH_2 - C(CH_3) = CH_2$
৭. $CH(CH_3)_2 - C_2 - CH_2 - CH = CH - CH(CH_3)_2$
৮. $CH(CH_3)_2 - C_2 - CH(C_2H_5) - CH_2 - CH = CH - CH(CH_3)_2$
৯. $C(CH_3)_2 = CH - CH_2 - C \equiv CH$
১০. $CH_3 - C_2 - C(C_2H_5)CH_3 - CH = C(CH_3) - C_2H_5$

২.৫.১.৪ : অ্যালকোহলের নামকরণ (Nomenclature of Alcohols) :

১. এ সমগোত্রীয় শ্রেণির যৌগের নামের শেষে 'নল' বা 'অল' লেখা হয়। হাইড্রোকার্বন যৌগের শ্রেণিপ্রত্যয় 'এন' এর পরিবর্তে 'আনল' (আন্ + অ্যালকোহলের শ্রেণি প্রত্যয় 'অল') শব্দ বসানো হয়ে থাকে।

২. – OH মূলক সংযুক্ত কার্বনকে অন্তর্ভুক্ত রেখে বৃহত্তর শিকলটিকে প্রধান শিকল হিসেবে গণ্য করা হয়।

৩. প্রধান শিকলটিকে এমনভাবে ধরা হয় যেন সবগুলো শাখা শিকল সরাসরি প্রধান শিকলের সাথে যুক্ত থাকে। অর্থাৎ শাখা শিকলের কোনো উপশাখা শিকল থাকবে না।

৪. প্রধান শিকলের প্রতিটি কার্বনকে পর্যায়ক্রমে সংখ্যায়িত করা হয়। এক্ষেত্রে যেদিক হতে –OH সংযুক্ত কার্বনটি কাছাকাছি হয় সেদিক হতে প্রধান শিকলের প্রতিটি কার্বনকে পর্যায়ক্রমে সংখ্যায়িত করা হয়। যেমন

(ক) $CH_3-\overset{\overset{CH_3}{|}}{\underset{3}{CH}}-\underset{2}{CH_2}-\underset{1}{CH_2}-OH$, (খ) $CH_3-\overset{\overset{CH_3}{|}}{\underset{2}{C}}-OH$, (গ) $CH_3-CH_2-\overset{\overset{CH_3}{|}}{\underset{2}{CH}}-\underset{1}{CH_2}-OH$

৫. প্রধান শিকলের –OH মূলক সংযুক্ত কার্বনের গাণিতিক সংখ্যাকে নল বা অল এর পূর্বে হাইফেন (-) চিহ্ন ব্যবহার করে উল্লেখ করা হয়।

৬. প্রধান শিকলের সাথে যুক্ত শাখা শিকলগুলোকে অ্যালকেন এর রীতি অনুযায়ী উল্লেখ করা হয়।

উদাহরণ :

১. $CH_3-\underset{3}{\overset{CH_3}{CH}}-\underset{2}{\overset{CH_3}{CH}}-\underset{1}{CH_2}-OH$ 2, 3-ডাইমিথাইলবিউটান-1-অল	২. $CH_3-\underset{2}{\overset{CH_3}{C}}-OH$ $\quad\quad\quad

৩. প্রধান শিকলটিকে এমনভাবে নির্বাচন করা হয় যেন সবগুলো শাখা শিকল সরাসরি প্রধান শিকলের সাথে যুক্ত থাকে। অর্থাৎ শাখা শিকলের কোনো উপশাখা শিকল থাকবে না।

৪. প্রধান শিকলের কার্বনের সংখ্যানুযায়ী মূল যৌগের নামকরণ করা হয়ে থাকে।

৫. শাখা শিকলগুলোকে অ্যালকেনের রীতি অনুযায়ী উল্লেখ করা হয়।

৬. অ্যালডিহাইড এর ক্ষেত্রে কার্যকরী মূলকের কার্বন পরমাণু শিকলের এক প্রান্তে থাকে। তাই এর অবস্থান নির্দেশক সংখ্যা '1' কে নামকরণে উল্লেখ করার প্রয়োজন পড়ে না।

৭. দুটি –CHO গ্রুপযুক্ত অ্যালডিহাইডের ক্ষেত্রে ডাইঅ্যাল প্রত্যয় যোগ করে সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত হাইড্রোকার্বনের নাম অনুসারে করা হয়।

উদাহরণ :

১. $CH_3-\overset{\overset{CH_3}{|}}{\underset{3}{CH}}-\underset{2}{CH_2}-\underset{1}{CHO}$ (4 CH_3) 3-মিথাইলবিউটান্যাল	২. $CH_3-\underset{4}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{CH}}-\underset{3}{CH_2}-\underset{2}{\overset{\overset{^1CHO}{|}}{CH}}-\underset{1}{CH_2}-CH_3$ (5) 2-ইথাইল-4-মিথাইলপেন্টান্যাল
৩. $CH_3-\overset{\overset{CH_3CH_2-CH_3}{|}}{\underset{4}{\overset{|}{C}}}-\underset{3}{CH}-\underset{2}{CH_2}-\underset{1}{CHO}$ (5), $\underset{CH_3}{|}$ 3-ইথাইল-4, 4-ডাইমিথাইলপেন্টান্যাল	৪. $CH_3-\underset{4}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}-\underset{3}{CH_2}-\underset{2}{\overset{\overset{^1CHO}{|}}{CH}}-\underset{1}{CH_2}-CH_3$ (5), $\underset{CH_3}{|}$ 2-ইথাইল-4, 4-ডাইমিথাইলপেন্টান্যাল
৫. $OHC-CH_2-CH_2-CH_2-CHO$ পেন্টেনডাইঅ্যাল	

1993 এর IUPAC সুপারিশ অনুযায়ী যদি কোনো শাখাহীন শিকলে দুইয়ের অধিক একই প্রকার কার্যকরী মূলক সরাসরি যুক্ত থাকে তবে সেক্ষেত্রে জৈব যৌগটিকে জনক হাইড্রোকার্বনের জাতক হিসেবে নামকরণ করা হয়। কার্যকরী মূলকের কার্বন পরমাণুকে অন্তর্ভুক্ত করা হয় না। যেমন 3টি – CHO গ্রুপের জন্য ট্রাইকার্বালডিহাইড, 3টি – COOH গ্রুপের জন্য ট্রাইকার্বক্সিলিক এসিড, 3টি – CN গ্রুপের জন্য ট্রাইনাইট্রাইল হিসেবে উচ্চারণ করা হয়।

সরাসরি যুক্ত 3টি – CHO গ্রুপের ক্ষেত্রে :

১. $OHC-\underset{1}{CH_2}-\underset{2}{\overset{\overset{CHO}{|}}{CH}}-\underset{3}{CH_2}-CHO$ প্রোপেন-1, 2, 3-ট্রাইকার্বালডিহাইড	২. $OHC-\underset{4}{CH_2}-\underset{3}{CH_2}-\underset{2}{\overset{\overset{CHO}{|}}{CH}}-\underset{1}{CH_2}-CHO$ বিউটেন-1, 2, 4-ট্রাইকার্বালডিহাইড
৩. $OHC-\underset{1}{CH_2}-\underset{2}{CH_2}-\underset{3}{\overset{\overset{CHO}{|}}{CH}}-\underset{4}{CH_2}-\underset{5}{CH_2}-CHO$ পেন্টেন-1, 3, 5-ট্রাইকার্বালডিহাইড	

নিজে কর - ২.৭ : নিচে উল্লিখিত অ্যালডিহাইডগুলোর নাম লেখ

১. $CH_3-C(CH_3)_2-(CH_2)_2-CHO$ ২. $C(CH_3)_3-CH(CHO)-C_2H_5$ ৩. $CH(CH_3)_2-CH(CHO)-CH_3$

৪. $CH_3-CH(C_2H_5)-CH(CH_3)-(CH_2)_2-CHO$ ৫. $C_2H_5-CH(C_3H_7)-CH_2-CH(CH_3)-CHO$.

২.৫.১.৬ : কিটোনের নামকরণ (Nomenclature of Ketones) :

১. এ সমগোত্রীয় শ্রেণির যৌগের নামের শেষে 'নোন' বা 'ওন' লেখা হয়।

২. কার্বনিল মূলক ($>C=O$) কার্বনকে অন্তর্ভুক্ত রেখে বৃহত্তর শিকলটিকে প্রধান শিকল হিসেবে নির্বাচন করা হয়।

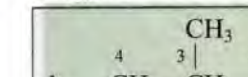
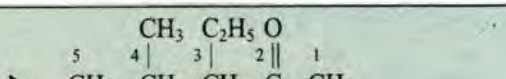
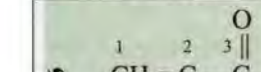
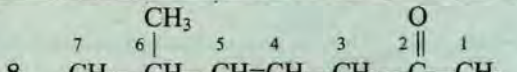
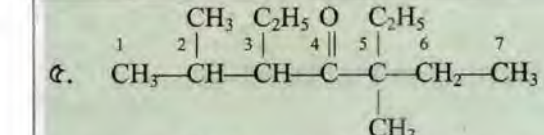
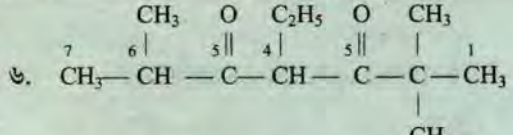
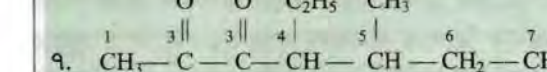
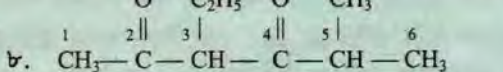
৩. প্রধান শিকলের প্রতিটি কার্বনকে পর্যায়ক্রমে সংখ্যায়িত করা হয়। এক্ষেত্রে যেদিক থেকে কার্বনিল মূলক কার্বনটি কাছাকাছি হয় সেদিক হতে প্রধান শিকলের প্রতিটি কার্বনকে পর্যায়ক্রমে সংখ্যায়িত করা হয়।

৪. প্রধান শিকলের উভয় দিক হতে কার্বনিল মূলকের কার্বন পরমাণু একই দূরত্বে হলে সেক্ষেত্রে যেদিক হতে শাখা শিকল কাছাকাছি ও অপেক্ষাকৃত বেশি হয় সেদিক থেকে কার্বনকে সংখ্যায়িত করা হয়।

৫. প্রধান শিকলের কার্বনিল মূলক ($>C=O$) এর কার্বন পরমাণুর গাণিতিক মানকে 1979 সালের IUPAC সুপারিশ অনুযায়ী নোন ও ওন এর পূর্বে বা পরে বা মাঝে হাইফেন (-) চিহ্ন ব্যবহার করে উল্লেখ করা হলেও আধুনিককালে 1984 সালের সংশোধিত সুপারিশ অনুসরণ করে নোন বা ওন এর পূর্বে হাইফেন (-) চিহ্ন ব্যবহার করা হয়।

৬. প্রধান শিকলের সাথে যুক্ত শাখা শিকলগুলোকে অ্যালকেনের রীতি অনুযায়ী উল্লেখ করা হয়।

উদাহরণ :

১.  3-মিথাইলবিউট-2-ওন	২.  3-ইথাইল-4-মিথাইলপেন্ট-2-ওন
৩.  পেন্ট-1-আইন-3-ওন	৪.  6-মিথাইলহেপ্ট-4-ইন-2-ওন
৫.  3, 5-ডাইইথাইল-2, 5-ডাইমিথাইলহেপ্ট-4-ওন	৬.  4-ইথাইল–2, 2, 6–ট্রাইমিথাইহেপ্ট–3, 5–ডাইওন
৭.  4–ইথাইল–5–মিথাইলহেপ্ট–2, 3–ডাইওন	৮.  3-ইথাইল–5–মিথাইলহেক্স–2, 4–ডাইওন

নিজে কর - ২.৮ : নিচে উল্লিখিত কিটোন যৌগগুলোর নাম লেখ

১. $CH(CH_3)_2 - C(C_2H_5)H - CO - CH(CH_3)_2$; ২. $CH_3 - C(CH_3)_2 - CH(C_2H_5) - CO - C(C_2H_5)(CH_3) - CH(CH_3)_2$; ৩. $CH(CH_3)_2 - CH = C(C_2H_5) - CH_2 - CO - CH(CH_3)_2$; ৪. $CH_3 - CH(CH_3) - C_2 - CH_2 - CO - C(CH_3)_3$. ৫. $CH(CH_3)_2 - CO - CH(C_2H_5) - (CH_2)_2 - CO - CH(CH_3)_2$ ৬. $CH(CH_3)_2 - CO - CH(CH_3) - CH_2 - CH(C_2H_5) - CO - CH(CH_3)_2$।

২.৫.১.৭ : ইথারের নামকরণ (Nomenclature of Eather) :

ইথার হলো অ্যালকক্সি গ্রুপ (R–O–) দ্বারা প্রতিস্থাপিত অ্যালকেন। এ কারণে IUPAC পদ্ধতিতে ইথারসমূহকে অ্যালকক্সিঅ্যালকেন বলা হয়। নামকরণের ক্ষেত্রে প্রধান শিকলের অক্সিজেনের সাথে যুক্ত বড় অ্যালকাইল গ্রুপটি থেকে অ্যালকেনের নাম নেওয়া হয়। আর অক্সিজেনের সাথে যুক্ত ছোট অ্যালকাইল গ্রুপটি অ্যালকক্সি গ্রুপ হিসেবে প্রতিস্থাপকের ভূমিকা রাখে। যে প্রান্ত থেকে অ্যালকক্সি গ্রুপ ($R - O -$) অ্যালকাইল গ্রুপের কাছাকাছি হয় সে প্রান্ত থেকে অ্যালকাইল গ্রুপের কার্বনকে সংখ্যায়িত করা হয়। প্রতিস্থাপক অ্যালকক্সি গ্রুপ ও মূল অ্যালকেন নামের মধ্যে কোনো হাইপেন বা স্পেস থাকবে না।

উদাহরণস্বরূপ, $CH_3 - O - \overset{1}{CH_2} - \overset{2}{CH_2} - \overset{3}{CH_3}$ এর ক্ষেত্রে দুটি অ্যালকাইল গ্রুপের মধ্যে $- CH_2 - CH_2 - CH_3$ হলো বড় গ্রুপ। এ গ্রুপের অ্যালকেনের নাম প্রোপেন। ছোট অ্যালকাইল গ্রুপ অ্যালকক্সি গ্রুপটি হলো $CH_3 - O -$, এটি মিথোক্সি গ্রুপ। যৌগের মূল নাম, 1 – মিথোক্সিপ্রোপেন।

১. $CH_3 - O - CH_3$
মিথোক্সিমিথেন

২. $CH_3 - CH_2 - O - CH_2 - CH_3$
ইথোক্সিইথেন

৩. $\overset{3}{C}H_3 - \overset{2}{C}H_2 - \overset{1}{C}H_2 - O - CH_2 - CH_3$
1-ইথোক্সিপ্রোপেন

৪. $\overset{3}{C}H_3 - \overset{2}{C}H_2 - \overset{1}{C}H_2 - S - CH_2 - CH_3$
1-থায়োইথোক্সিপ্রোপেন

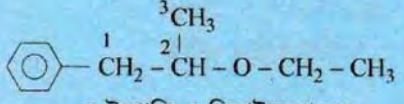
৫. $\overset{4}{C}H_3 - \overset{3}{C}H_2 - \overset{2}{C}H_2 - \overset{1}{C}H_2 - O - CH_3$
1-মিথোক্সিবিউটেন

৬. $\overset{3}{C}H_3 - \overset{2}{C}H(\overset{CH_3}{}) - \overset{1}{C}H_2 - O - CH_3$
1-মিথোক্সি-2-মিথাইলপ্রোপেন

৭. $\overset{3}{C}H_3 - \overset{2}{C}H(\overset{O-CH_2-CH_3}{}) - \overset{1}{C}H_3$
2-ইথোক্সিপ্রোপেন

৮. $\overset{5}{C}H_3 - \overset{4}{C}H(\overset{CH_3}{}) - \overset{3}{C}H_2 - \overset{2}{C}H(\overset{O-CH_2-CH_3}{}) - \overset{1}{C}H_3$
2-ইথোক্সি –4 – মিথাইলপেন্টেন

৯. $CH_3 - O - \overset{3}{C}H(\overset{CH_3}{}) - CH_3$
2 – মিথোক্সিপ্রোপেন

১০. 
2-ইথোক্সি-1-ফিনাইলপ্রোপেন

মনে রাখবে : 2005 সালের IUPAC সুপারিশ অনুযায়ী ইথার যৌগের নাম আরো সহজ করা হয়েছে। ইথারের অক্সিজেন পরমাণুকে প্রধান শিকলের সাথে অন্তর্ভুক্ত করে মূল যৌগের নামের পূর্বে অক্সা (Oxa) শব্দটি ব্যবহার করা হয়েছে। প্রধান শিকলের যেদিক থেকে অক্সিজেন পরমাণু কাছাকাছি হয় সেদিক থেকে প্রধান শিকলটিকে সংখ্যায়িত করা হয়। উদাহরণস্বরূপ :

১। $\overset{1}{C}H_3 - \overset{2}{O} - \overset{3}{C}H_3$ 2-অক্সাপ্রোপান

২। $\overset{1}{C}H_3 - \overset{2}{O} - \overset{3}{C}H_2 - \overset{4}{C}H_3$ 2-অক্সাবিউটান

৩। $\overset{1}{C}H_3 - \overset{2}{C}H_2 - \overset{3}{O} - \overset{4}{C}H_2 - \overset{5}{C}H_3$ 3-অক্সাপেন্টান

৪। $\overset{1}{C}H_3 - \overset{2}{C}H(\overset{CH_3}{}) - \overset{3}{O} - \overset{4}{C}H_2 - \overset{5}{C}H_3$ 2-মিথাইল-3-অক্সাপেন্টান

৫। $\overset{1}{C}H_3 - \overset{2}{C}H_2 - \overset{3}{O} - \overset{4}{C}H_2 - \overset{5}{C}(\overset{CH_3}{}) - \overset{6}{C}H_3$ ($\overset{CH_3}{}$)
5, 5-ডাইমিথাইল-3-অক্সাহেক্সান

নিজে কর - ২.৯ : যৌগগুলোর নাম লেখ (2005 সালের IUPAC সুপারিশ অনুযায়ী)
১. $(CH_3 - CH_2)_2O$; ২. $C_2H_5 - C(OCH_3)(C_2H_5)_2$; ৩. $(CH_3)_3C - CH_2 - O - C_2H_5$; ৪. $C_2H_5 - CH(OC_2H_5)CH_3$; ৫. $(CH_3)_2CH - CH_2 - S - C_2H_5$; ৬. $CH(CH_3)_2 - CH_2 - CH(CH_3) - O\,CH_2 - CH_3$; ৭. $CH_3 - O - CH(CH_3)_2$

২.৫.১.৮ : থায়ল-এর নামকরণ (Nomenclature of Thiols) :

– SH গ্রুপযুক্ত যৌগগুলোকে থায়ল বলে। এক্ষেত্রে প্রধান শিকলের মূল হাইড্রোকার্বনের নামের শেষে থায়ল শব্দটি যোগ করে নামকরণ করা হয়। যেমন–

(i) $CH_3 - SH$
মিথেনথায়ল

(ii) $CH_3 - CH_2 - SH$
ইথেনথায়ল

(iii) $CH_3 - CH_2 - CH_2 - SH$
প্রোপেনথায়ল

(iv) $\overset{4}{C}H_3 - \overset{3}{C}H_2 - \overset{2}{C}H(\overset{CH_3}{}) - \overset{1}{C}H_2 - SH$
2 – মিথাইলবিউটেনথায়ল

২.৫.১.৯ : কার্বক্সিলিক এসিডের নামকরণ (Nomenclature of Carboxylic Acids) :

১. এ জাতীয় সমগোত্রীয় শ্রেণির যৌগের নামের শেষে 'অয়িক এসিড' লেখা হয়।

২. –COOH মূলকের কার্বন পরমাণুকে ১নং কার্বন ধরে বৃহত্তর শিকলটিকে প্রধান শিকল হিসেবে নির্বাচন করা হয়।

৩. প্রধান শিকলটিকে এমনভাবে নির্বাচন করা হয় যেন সবগুলো শাখা শিকল সরাসরি প্রধান শিকলের সাথে যুক্ত থাকে।

৪. প্রধান শিকলের কার্বনের সংখ্যানুযায়ী মূল যৌগের নামকরণ করা হয়।

৫. শাখা শিকলগুলোকে অ্যালকেনের রীতি অনুযায়ী উল্লেখ করা হয়।

৬. কার্বক্সিলিক এসিড এর ক্ষেত্রে কার্যকরী মূলকের কার্বন পরমাণু শিকলের এক প্রান্তে থাকে। তাই এর অবস্থান নির্দেশক সংখ্যা 1, নামকরণে এ সংখ্যাকে উল্লেখ করা হয় না।

উদাহরণ :

১. $H-COOH$
মিথানোয়িক এসিড

২. CH_3-CH_2-COOH
প্রোপানোয়িক এসিড

৩. $\overset{4}{CH_3}-\overset{3}{\underset{|}{CH}}(CH_3)-\overset{2}{CH_2}-\overset{1}{COOH}$
3-মিথাইলবিউটানোয়িক এসিড

৪. $\overset{5}{CH_3}-\overset{4}{\underset{|}{CH}}(CH_3)-\overset{3}{\underset{|}{CH}}(CH_2-CH_3)-\overset{2}{CH_2}-\overset{1}{COOH}$
3-ইথাইল-4-মিথাইলপেন্টানোয়িক এসিড

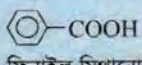
৫. $\overset{3}{CH_2}=\overset{2}{CH}-\overset{1}{COOH}$
2-প্রোপিনোয়িক এসিড

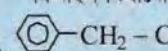
৬. $\overset{5}{CH}\equiv\overset{4}{C}-\overset{3}{\underset{|}{CH}}(CH_3)-\overset{2}{CH_2}-\overset{1}{COOH}$
3-মিথাইল-পেন্ট-4-আইন-1-ওয়িক এসিড

৭. $\overset{4}{CH_3}-\overset{3}{CH}=\overset{2}{CH}-\overset{1}{COOH}$
বিউট-2-ইন-1-ওয়িক এসিড

৮. $\overset{6}{CH_3}-\overset{5}{\underset{|}{CH}}(Cl)-\overset{4}{\underset{|}{CH}}(CH_2-CH_3)-\overset{3}{CH_2}-\overset{2}{\underset{|}{CH}}(NH_2)-\overset{1}{COOH}$
2-অ্যামিনো-5-ক্লোরো-4-ইথাইলহেক্সানোয়িক এসিড

৯. $HOOC-COOH$
ইথেন ডাইঅয়িক এসিড

১০. 
ফিনাইল মিথানোয়িক এসিড

১১. 
ফিনাইলইথানোয়িক এসিড

১২. $\overset{5}{CH_3}-\overset{4}{CH_2}-\overset{3}{CH_2}-\overset{2}{\underset{|}{CH}}(CHO)-\overset{1}{COOH}$
2-ফরমাইলপেন্টানোয়িক এসিড

দুটি কার্বোক্সিলিক এসিড মূলকের উপস্থিতি থাকলে ডাইওয়িক এসিড উচ্চারণ করা হয়। যেমন–

১. $HOOC-COOH$ (ইথেন ডাইওয়িক এসিড)

২. $HOOC-CH_2-COOH$ (প্রোপেন ডাইওয়িক এসিড)

৩. $\overset{1}{HOOC}-\overset{2}{CH_2}-\overset{3}{CH_2}-\overset{4}{COOH}$ (বিউটেন ডাইওয়িক এসিড)

কার্বোক্সিলিক এসিড মূলক (–COOH) সহ ভিন্ন অপর কোনো কার্যকরী মূলকের উপস্থিতি থাকলে–

১. $CH_3-\overset{2}{\underset{|}{CH}}(NH_2)-\overset{1}{COOH}$
2 – অ্যামিনোপ্রোপানোয়িক এসিড

২. $H_2N-\overset{2}{CH_2}-\overset{1}{COOH}$
2–অ্যামিনোইথানোয়িক এসিড

৩. $\overset{4}{CH_3}-\overset{3}{CH_2}-\overset{2}{\underset{|}{CH}}(OH)-\overset{1}{COOH}$
2–হাইড্রোক্সিবিউটানোয়িক এসিড

৪. $H-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-COOH$
অক্সোইথানোয়িক এসিড

৫. $CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-COOH$ 2 – অক্সোপ্রোপানোয়িক এসিড অথবা প্রোপ–2–ওন–1–ওয়িক এসিড	৬. $CH_3-\underset{\underset{CHO}{\|}}{CH}-COOH$ 2–মিথাইল–3–ফর্মাইলপ্রোপোনোয়িক এসিড
৭. $HOOC-\underset{\underset{OH}{\|}}{CH}-CH_2-COOH$ 2–হাইড্রোক্সিবিউটেন ডাইওয়িক এসিড	৮. $CH_3-CH=CH-COOH$ বিউট–2–ইনোয়িক এসিড অথবা বিউট–2–ইন–1–ওয়িক এসিড
৯. $CH_3-CH=CH-CH=CH-COOH$ হেক্সা–2, 4–ডাই-ইনোয়িক এসিড/ হেক্সা-2, 4–ডাই ইন–1– ওয়িক এসিড	১০. $CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_2-CH_2-COOH$ পেন্টেন –4–ওন–1–ওয়িক এসিড অথবা 4–অক্সোপেন্টানোয়িক এসিড
১১. $CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-OH$ পারইথানোয়িক এসিড	১২. $CH_3-\underset{\underset{CH_3}{\|}}{C}=CH-COOH$ 3–মিথাইলবিউট–2–ইন–1–ওয়িক এসিড

1993 সালের IUPAC সুপারিশ অনুযায়ী যদি কোনো শাখাহীন শিকলে দুইয়ের অধিক একই কার্যকরী মূলক সরাসরি যুক্ত থাকে তবে সেক্ষেত্রে জৈব যৌগটির নামকরণ করা হয় জনক অ্যালকেনের জাতক হিসেবে। কার্যকরী মূলকের কার্বন পরমাণুগুলোকে গণনায় ধরা হয় না। এদের নামকরণে প্রত্যয় ব্যবহার করা হয়। যেমন, 3টি – COOH গ্রুপের ক্ষেত্রে ট্রাইকার্বক্সিলিক এসিড ধরে নামকরণ করা হয়। যেমন,

১. $HOOC-CH_2-\underset{\underset{COOH}{\|}}{CH}-CH_2-COOH$
প্রোপেন-1, 2, 3-ট্রাইকার্বক্সিলিক এসিড

২. $HOOC-CH_2-\underset{\underset{OH}{\|}}{\overset{\overset{COOH}{\|}}{C}}-CH_2-COOH$
2-হাইড্রোক্সিপ্রোপেন-1, 2, 3-ট্রাইকার্বক্সিলিক এসিড

৩. $HOOC-CH_2-\underset{\underset{-COOH}{\|}}{CH}-CH_2-CH_2-COOH$
বিউটেন-1, 2, 4-ট্রাইকার্বক্সিলিক এসিড

আর যদি 3টি – COOH গ্রুপ সরাসরি শাখাহীন শিকলের সাথে যুক্ত না থাকে তবে দুটি সদৃশ্য গ্রুপকে মূল শিকলে ধরে নিয়ে গণনা করা হয় এবং নামকরণের সময় কার্যকরী মূলকের পূর্বে প্রত্যয় ডাই শব্দ ব্যবহার করা হয়। তৃতীয় গ্রুপটি যা পার্শ্বশিকল গঠন করে তাকে প্রতিস্থাপক গ্রুপ হিসেবে বিবেচনা করা হয়। যেমন,

১. $HOOC-CH_2-CH_2-CH_2-\underset{\underset{CH_2-COOH}{\|}}{CH}-CH_2-COOH$
3-(কার্বোক্সিমিথাইল) হেপ্ট-1, 7-ডাইওয়িক এসিড

২. $HOOC-CH_2-\underset{\underset{CH_2COOH}{\|}}{CH}-CH_2-CH_2-COOH$
3-(কার্বোক্সিমিথাইল) হেক্স-1, 6-ডাইওয়িক এসিড

নিজে কর - ২.১০ : যৌগগুলোর নাম লেখ

১. $HOOC - CH(OH) - CH(OH) - COOH$ ২. $CH_3 - CH(CN) - CH(CH_3) - CH_2 - COOH$

৩. $CH_3 - COCH_2 - CH = CH - COOH$ ৪. $CH_3 - CH_2 - CH(CHO) - COOH$ ৫. $CH_2 = CH - CH = CH - COOH$

নিজে কর - ২.১১ : নিচের কার্বক্সিলিক এসিডগুলোর নাম লেখ

১. $CH_3-CH(CH_3)-CH_2-C(C_2H_5)H-COOH$, ২. $CH_3-CHCl-C(C_2H_5)H-CH(NH_2)-COOH$

৩. $CH_3-C\equiv C-CH(C_2H_5)-CH_2-COOH$, ৪. $CH_3-\overset{CH_3}{\overset{|}{C}}=CH-CH(COOH)-C_2H_5$

৫. $CH_3-CHBr-CH(CH_3)-CH(CH_3)-COOH$.

২.৫.১.১০ : এস্টারের নামকরণ (Nomenclature of Esters) :

IUPAC পদ্ধতিতে এস্টারকে অ্যালকানোয়েট বলে। অ্যালকোহল ও জৈব এসিডের রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে এস্টার উৎপন্ন হয়। এ কারণে এস্টারের নাম দুটি অংশে বিভক্ত। প্রথম অংশ অ্যালকোহল থেকে নেওয়া হয় এবং দ্বিতীয় অংশ জৈব এসিড থেকে নেওয়া হয়। অ্যালকোহল অংশের নাম ঐ অংশের কার্বন সংখ্যা অনুযায়ী অ্যালকাইল মূলক হিসেবে লেখা হয়। যে মূল হাইড্রোকার্বন থেকে এসিড উৎপন্ন হয় সে হাইড্রোকার্বনের নামের শেষে 'এন' শব্দের পরিবর্তে 'আনোয়েট' শব্দ যোগ করে এস্টার নামকরণ সম্পূর্ণ করা হয়। উদাহরণস্বরূপ :

১. $H-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-CH_3$ মিথাইল মিথানোয়েট	২. $CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-CH_2-CH_3$ ইথাইল ইথানোয়েট
৩. $CH_3-CH_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-CH_2-CH_3$ ইথাইল প্রোপানোয়েট	৪. $\overset{4}{C}H_3-\overset{3}{\overset{\|}{C}}H-\overset{2}{C}H_2-\overset{1}{\overset{\|}{C}}(O)-O-CH_2-CH_3$ (CH_3 at 3) ইথাইল-3-মিথাইল বিউটানোয়েট
৫. $\overset{4}{C}H_3-\overset{3}{\overset{\|}{C}}H(Cl)-\overset{2}{C}H_2-\overset{1}{\overset{\|}{C}}(O)-O-CH_2-CH_3$ ইথাইল-3-ক্লোরো বিউটানোয়েট	৬. $\overset{3}{C}H_3-\overset{2}{\overset{\|}{C}}H(CH_3)-\overset{1}{\overset{\|}{C}}(O)-O-CH_3$ ইথাইল-3-মিথাইল বিউটানোয়েট

মনে রাখবে : অ্যালকোহলের নামের অংশ এবং এসিডের নামের অংশের মধ্যে কিছুটা ফাঁক থাকবে। অর্থাৎ ইথাইল ইথানোয়েট লিখতে হবে। ইথাইলইথানোয়েট লিখলে অবশ্যই ভুল হবে।

২.৫.১.১১ : এসিড অ্যানহাইড্রাইডের নামকরণ (Nomenclature of Acid anhydrides) :

IUPAC পদ্ধতিতে এসিড অ্যানহাইড্রাইডকে অ্যালকানোয়িক অ্যানহাইড্রাইড (alkanoic anhydride) বলা হয়। অ্যানহাইড্রাইডটি যে এসিডের সে এসিডের IUPAC নামের শেষের এসিডের পরিবর্তে অ্যানহাইড্রাইড লেখা হয়। মিশ্র অ্যানহাইড্রাইডের ক্ষেত্রে উভয় এসিডের IUPAC নাম ইংরেজি বর্ণমালার ক্রম অনুযায়ী লেখা হয়।

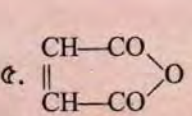
উদাহরণস্বরূপ :

১. $H-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H$
মিথানোয়িক অ্যানহাইড্রাইড

২. $CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_3$
ইথানোয়িক অ্যানহাইড্রাইড

৩. $CH_3-CH_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_2-CH_3$
প্রোপানোয়িক অ্যানহাইড্রাইড

৪. $CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_2-CH_3$
ইথানোয়িক প্রোপানোয়িক অ্যানহাইড্রাইড

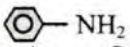
৫. 
ম্যালিয়িক অ্যানহাইড্রাইড

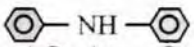
২.৫.১.১২ : অ্যামিনের নামকরণ (Nomenclature of Amines) :

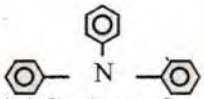
অ্যামিন হলো অ্যালকাইল বা অ্যারাইল প্রতিস্থাপিত অ্যামোনিয়া। অ্যামোনিয়ার হাইড্রোজেন পরমাণু যদি অ্যালকাইল মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়, তবে তা অ্যালিফেটিক অ্যামিন। এ জাতীয় অ্যামিনের ক্ষেত্রে অ্যালকাইল মূলক সাথে অ্যামিন অথবা অ্যামিনো অ্যালকেন হিসেবে লেখা হয়। যেমন–

১. $\overset{1}{CH_3}—NH_2$ মিথাইলঅ্যামিন বা অ্যামিনোমিথেন	৫. $\overset{1}{CH_3}—\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{N}}—CH_3$ ট্রাইমিথাইলঅ্যামিন বা 1–(N, N-ডাই মিথাইলঅ্যামিনো) মিথেন
২. $\overset{2}{CH_3}—\overset{1}{CH_2}—NH_2$ ইথাইলঅ্যামিন বা 1- অ্যামিনোইথেন	৬. $\overset{2}{CH_3}—\overset{1}{CH_2}—NH—CH_3$ ইথাইল মিথাইলঅ্যামিন বা, 1–(N-মিথাইল অ্যামিনো) ইথেন
৩. $\overset{3}{CH_3}—\overset{2}{CH_2}—\overset{1}{CH_2}—NH_2$ প্রোপাইলঅ্যামিন বা, 1-অ্যামিনোপ্রোপেন	৭. $\overset{3}{CH_3}—\overset{2}{CH_2}—\overset{1}{CH_2}—NH—CH_3$ প্রোপাইল মিথাইলঅ্যামিন বা, 1–(N-মিথাইলঅ্যামিনো) প্রোপেন
৪. $\overset{1}{CH_3}—\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{NH}}$ ডাইমিথাইলঅ্যামিন বা 1-(N-মিথাইলঅ্যামিনো) মিথেন	৮. $CH_3—\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{N}}—\underset{\displaystyle 2}{\overset{\displaystyle {}^{1}CH_3}{\overset{\displaystyle |}{CH}}}—\overset{3}{CH_2}—\overset{4}{CH_2}—\overset{5}{CH_3}$ N, N-ডাইমিথাইল-2-অ্যামিনোপেন্টেন

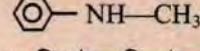
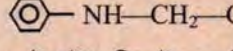
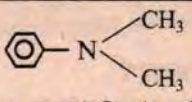
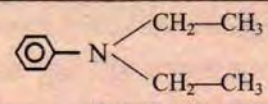
অ্যামোনিয়ার হাইড্রোজেন পরমাণু অ্যারাইল মূলক ($C_6H_5—$) দ্বারা প্রতিস্থাপিত হলে অ্যারাইল অ্যামিন হয়। এ জাতীয় অ্যামিনের ক্ষেত্রে অ্যারাইল মূলক সাথে অ্যামিন উচ্চারিত হয়। যেমন–

১.  ফিনাইল অ্যামিন

২.  ডাইফিনাইলঅ্যামিন

৩.  ট্রাইফিনাইলঅ্যামিন

অ্যামোনিয়ার হাইড্রোজেন পরমাণু অ্যালকাইল ও অ্যারাইল উভয় মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হলে, N-অ্যালকাইল মূলক বা মূলকের সংখ্যা সাথে ফিনাইল অ্যামিন যোগ করে উচ্চারণ করা হয়ে থাকে। যেমন

১.  N-মিথাইল ফিনাইলঅ্যামিন	৩.  N-ইথাইল ফিনাইলঅ্যামিন
২.  N, N-ডাইমিথাইল ফিনাইলঅ্যামিন	৪.  N, N-ডাইইথাইল ফিনাইলঅ্যামিন

২.৫.১.১৩ : অ্যামাইডের নামকরণ (Nomenclature of Amides) :

অ্যামাইড শ্রেণি যৌগকে IUPAC পদ্ধতিতে অ্যালকান্যামাইড (Alkanamide) বলা হয়। সর্ববৃহৎ শিকলের কার্বনের সংখ্যানুযায়ী অ্যালকেনের নামের 'এন' এর পরিবর্তে "অ্যানামাইড" শব্দ বসিয়ে অথবা কার্বন সংখ্যা অনুযায়ী সংশ্লিষ্ট এসিডের IUPAC নামের শেষে "ওয়িক এসিড" এর পরিবর্তে অ্যামাইড লেখা হয়। উদাহরণস্বরূপ দুই কার্বন বিশিষ্ট এসিড ইথানোয়িক এসিডের

"ওয়িক এসিড" এর পরিবর্তে "অ্যামাইড" বসালে প্রকৃত নামটি হয় ইথান + অ্যামাইড = ইথান্যামাইড। সেকেন্ডারি ও টারসিয়ারি অ্যামাইডকে যথাক্রমে N-প্রতিস্থাপিত এবং N, N-দ্বিপ্রতিস্থাপিত অ্যামাইড রূপে নামকরণ করা হয়। যেমন–

১. $H-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-NH_2$, মিথান্যামাইড	২. $CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-NH_2$ ইথান্যামাইড	৩. $CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-NH-CH_3$ N-মিথাইলইথান্যামাইড
৪. $CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-NH-CH_2-CH_3$ N-ইথাইলইথান্যামাইড	৫. $CH_3-CH_2-CH_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-NH-CH_3$ N-মিথাইলবিউটান্যামাইড	৬. $CH_3-CH_2-\underset{CH_3}{\underset{\|}{CH}}-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-NH_2$ ২-মিথাইলবিউটান্যামাইড
৭. $CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-N\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}$ N, N–ডাইমিথাইলইথান্যামাইড	৮. $CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-NH-C_6H_5$ N-ফিনাইলইথান্যামাইড	৯. $CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-\underset{CH_3}{\underset{\|}{N}}-C_6H_5$ N-মিথাইল-N-ফিনাইলইথান্যামাইড

নিজে কর - ২.১২ :

১. $CH_3-(CH_2)_3-NH_2$;
২. $CH_3-(CH_2)_2-NH-C_2H_5$;
৩. $CH_3-CH_2-CH(CH_3)-NHCH_3$;
৪. $CH_3-CH_2-CH(CH_3)-N(CH_3)_2$;
৫. $CH_3-CH_2-CH(C_2H_5)-N(CH_3)-C_2H_5$;
৬. $C_6H_5-N(CH_3)-C_2H_5$;
৭. $(C_6H_5)_2N-C_2H_5$।

২.৫.১.১৪ : সায়ানাইডের নামকরণ (Nomenclature of Cyanides) :

এক্ষেত্রে –CN গ্রুপের কার্বনকে 1নং কার্বন ধরে বৃহত্তর শিকলটিকে নির্ধারণ করা হয়। কার্বনের সংখ্যানুযায়ী মূল হাইড্রোকার্বনটির নাম ঠিক করা হয়। এবার মূল হাইড্রোকার্বনের সম্পূর্ণ নামের শেষে "নাইট্রাইল" শব্দ যোগ করে নামকরণ শেষ করা হয়।

১. $\overset{2}{CH_3}-\overset{1}{CN}$ ইথেননাইট্রাইল	২. $\overset{3}{CH_3}-\overset{2}{CH_2}-\overset{1}{CN}$ প্রোপেননাইট্রাইল	৩. $\overset{3}{CH_3}-\underset{CH_3}{\overset{2}{\underset{\|}{CH}}}-\overset{1}{CN}$ 2-মিথাইল প্রোপেননাইট্রাইল
৪. $\overset{4}{CH_3}-\underset{CH_3}{\overset{3}{\underset{\|}{CH}}}-\overset{2}{CH_2}-\overset{1}{CN}$ 3-মিথাইল বিউটেননাইট্রাইল	৫. $\overset{5}{CH_3}-\underset{CH_3}{\overset{4}{\underset{\|}{CH}}}-\underset{CH_2-CH_3}{\overset{3}{\underset{\|}{CH}}}-\overset{2}{CH_2}-\overset{1}{CN}$ 3-ইথাইল-4-মিথাইল পেন্টেননাইট্রাইল	৬. $\overset{4}{CH_3}-\overset{3}{\overset{\|}{C}}(=O)-\overset{2}{CH_2}-\overset{1}{CN}$ 3-অক্সোবিউটেন নাইট্রাইল

২.৫.২ জৈব যৌগের অণুতে দুটি ভিন্ন কার্যকরী মূলক যুক্ত থাকলে যৌগের নামকরণ

একই যৌগের অণুতে বিভিন্ন সমগোত্রীর শ্রেণির যৌগের কার্যকরী মূলক উপস্থিত এরূপ যৌগের নামকরণ পদ্ধতি নিম্নরূপ হয়ে থাকে :

যদি কোনো জৈব যৌগের অণুতে দুটি ভিন্ন কার্যকরী মূলক বর্তমান থাকে তবে সেক্ষেত্রে একটিকে প্রধান (মুখ্য) কার্যকরী মূলক হিসেবে এবং অপরটিকে অপ্রধান (গৌণ) কার্যকরী মূলক হিসেবে ধরে নেওয়া হয়। এক্ষেত্রে যৌগটিকে প্রধান কার্যকরী মূলকের সমগোত্রীয় শ্রেণির যৌগ হিসেবে এবং অপ্রধান কার্যকরী মূলকটিকে প্রতিস্থাপক হিসেবে উল্লেখ করা হয়। যৌগের মূল নামের পূর্বে অপ্রধান কার্যকরী মূলক এবং পরে প্রধান কার্যকরী মূলকের নাম উল্লেখপূর্বক যৌগের নামকরণ করা হয়ে থাকে।

ক্রম	সমগোত্রীয় শ্রেণি	কার্যকরী মূলক	মূল নামের পূর্বে বসলে যে নাম হবে বা অপ্রধান মূলকের নাম	মূল নামের পরে বসলে যে নাম হবে বা প্রধান মূলকের নাম
১	কার্বক্সিলিক এসিড	– COOH	কার্বক্সি	ওয়িক এসিড
২	এস্টার	– COOR	অ্যালকক্সিকার্বনিল	অ্যালকাইল ---- ওয়েট
৩	এসিড হ্যালাইড	– COX	হ্যালোফর্মাইল	ওয়িল হ্যালাইড
৪	অ্যামাইড	$-CONH_2$	কার্বামোয়িল	অ্যামাইড
৫	নাইট্রাইল	– CN	সায়ানো	নাইট্রাইল
৬	অ্যালডিহাইড	– CHO	ফর্মাইল	আল বা নাল
৭	কিটোন	$>CO$	অক্সো বা কিটো	ওন
৮	অ্যালকোহল	– OH	হাইড্রক্সি	অল
৯	অয়েল	– SH	মারক্যাপ্টো	থায়ল
১০	অ্যামিন	$-NH_2$	অ্যামিনো	অ্যামিন
১১	ইথার	– OR	অ্যালকক্সি	–
১২	অ্যালকাইন	$-C\equiv C-$	আইন	আইন
১৩	অ্যালকিন	$>C=C<$	ইন	ইন
১৪	হ্যালাইড	– X	হ্যালো	–
১৫	নাইট্রো	$-NO_2$	নাইট্রো	–

নামকরণের নিয়ম :

১. কার্যকরী মূলক অন্তর্ভুক্ত রেখে বৃহত্তর অবিচ্ছিন্ন কার্বন শিকলটিকে প্রধান শিকল হিসেবে নির্বাচন করা হয়।

২. প্রধান (মুখ্য) কার্যকরী মূলকটিকে অপেক্ষাকৃত কাছাকাছি হয় এরূপ অবস্থান থেকে প্রধান শিকলের প্রতিটি কার্বনকে পর্যায়ক্রমে সংখ্যায়িত করা হয়।

৩. অপ্রধান (গৌণ) কার্যকরী মূলক ও পার্শ্বশাখাগুলোকে ইংরেজি বর্ণমালার ক্রমানুসারে লেখা হয় এবং এদের অবস্থান সংখ্যা দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এক্ষেত্রে কোনোটির একাধিক সংখ্যায় থাকলে তা ডাই, ট্রাই, টেট্রা ইত্যাদি উপসর্গ দিয়ে বোঝানো হয়।

৪. প্রধান (মুখ্য) কার্যকরী মূলক অনুযায়ী যে সমগোত্রীয় শ্রেণির যৌগ হয় সে হিসেবে তাকে উল্লেখ করা হয়।

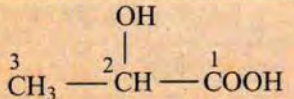
১০ ভ. মা. রসায়ন (২য় পত্র) – ১৯

উদাহরণ : $CH_3-\underset{|}{\overset{CH_3}{CH}}-\underset{|}{\overset{OH}{CH}}-COOH$ এ যৌগের –COOH ও –OH মূলক দুটির মধ্যে –COOH মূলকটি প্রধান (মুখ্য) কার্যকরী মূলক। তাই এ মূলকটিই যৌগের শ্রেণি নির্ধারণ করবে। –OH মূলকটি অপ্রধান (গৌণ) কার্যকরী মূলক এবং এটি প্রতিস্থাপক গ্রুপ হিসেবে বিবেচিত হবে। প্রধান কার্যকরী মূলকের সমগোত্রীয় শ্রেণির যৌগ ওয়িক এসিড হিসেবে যৌগটির নাম উল্লেখ করতে হবে। এক্ষেত্রে –COOH মূলকের কার্বনকে ১নং কার্বন ধরে নিয়ে প্রধান শিকলের প্রতিটি কার্বনকে পর্যায়ক্রমে সংখ্যায়িত করতে হয়। তাহলে এখন যৌগটির নাম লেখা যাক।

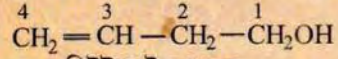
$$\overset{4}{CH_3}-\overset{3}{\underset{|}{\overset{CH_3}{CH}}}-\overset{2}{\underset{|}{\overset{OH}{CH}}}-\overset{1}{COOH}$$

2-হাইড্রোক্সি - 3- মিথাইলবিউটানোয়িক এসিড

দুটি কার্যকরী মূলক যুক্ত যৌগের নামকরণ :

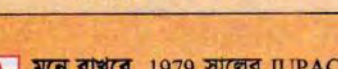
১. 
2-হাইড্রক্সিপ্রোপানোয়িক এসিড

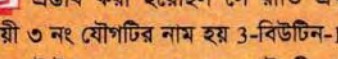
২.
2-অ্যামিনোপ্রোপানোয়িক এসিড

৩. 
বিউট-3-ইন-1-অল

৪.
পেন্ট-4-আইন-1-অল

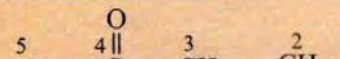
মনে রাখবে, 1979 সালের IUPAC সুপারিশ অনুযায়ী যে নাম প্রস্তাব করা হয়েছিল সে রীতি এখন আর প্রচলিত নয়। এ অনুযায়ী ৩ নং যৌগটির নাম হয় 3-বিউটিন-1- অল, ৪ নং যৌগের নাম হয় 4-পেন্টাইন-1-অল এবং ৫ নং যৌগটির নাম হয় 3-পেন্টিনাল।

৫. 
পেন্ট-3-ইন-1-অ্যাল

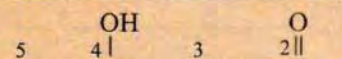
৬. 
বিউট-3-আইন-1-অ্যাল

৭. 
পেন্ট-3-ইনওয়িক এসিড

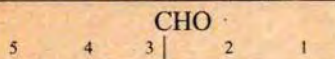
৮.
পেন্ট-3-ইন-2-ওন

৯. 
4-অক্সোপেন্টান্যাল

১০.
3-অক্সোবিউটান্যামাইড

১১. 
4-হাইড্রক্সিপেন্টান-2-ওন

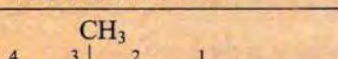
১২.
2-মিথাইল-3-ফরমাইলপ্রোপানোয়িক এসিড

১৩. 
3-ফরমাইলপেন্টানোয়িক এসিড

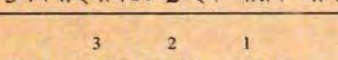
১৪.
2-অক্সোপ্রোপানোয়িক এসিড

১৫. 
অক্সোইথানোয়িক এসিড

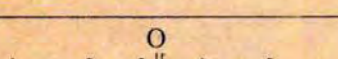
১৬.
ফরমামাইড

১৭. 
3-মিথাইলবিউট-2-ইন-অয়িক এসিড

১৮.
3-অক্সোপেন্টান্যাল

১৯. 
3-ফিনাইলপ্রোপান্যাল

২০.
হেপ্ট-2, 5-ডাইওন

২১. 
পেন্ট-1, 4-ডাইইন-3-ওন

২২. OHC – COOH
অক্সোইথানোয়িক এসিড

২৩. $\overset{3}{CH_2}=\overset{2}{CH}-\overset{1}{COOH}$ প্রোপ-2-ইনোয়িক এসিড	২৪. $\overset{4}{CH_3}-\overset{3}{\underset{\vert}{\overset{\vert}{C}}}(CH_3)=\overset{2}{CH}-\overset{1}{COOH}$ 3-মিথাইলবিউট-2-ইনোয়িক এসিড
২৫. $C_6H_5-\overset{3}{CH}=\overset{2}{CH}-\overset{1}{COOH}$ 3-ফিনাইল প্রোপ-2-ইনোয়িক এসিড	২৬. $\overset{5}{CH_2}=\overset{4}{CH}-\overset{3}{CH_2}-\overset{2}{C}(=O)-\overset{1}{CH_3}$ পেন্ট-4-ইন-2-ওন
২৭. $\overset{5}{CH_2}=\overset{4}{CH}-\overset{3}{CH}(CH_3)-\overset{2}{CH_2}-\overset{1}{CH_2}-OH$ পেন্ট-4-ইন-1-অল	২৮. $\overset{4}{CH_2}=\overset{3}{CH}-\overset{2}{CH_2}-\overset{1}{CHO}$ বিউট-3-ইন্যাল
২৯. $\overset{6}{CH_3}-\overset{5}{C}\equiv\overset{4}{C}-\overset{3}{CH}(CH_3)-\overset{2}{CH_2}-\overset{1}{CH_2OH}$ 3-মিথাইলহেক্স-4-আইন-1-অল	৩০. $\overset{6}{CH_3}-\overset{5}{CH}(CN)-\overset{4}{CH_2}-\overset{3}{CH_2}-\overset{2}{CH}(CH_3)-\overset{1}{COOH}$ 5-সায়ানো-2-মিথাইল হেক্সানোয়িক
৩১. $NC-\overset{4}{CH_2}-\overset{3}{CH_2}-\overset{2}{CH_2}-\overset{1}{COOH}$ 4-সায়ানোবিউটানোয়িক এসিড	৩২. $\overset{4}{CH_2}=\overset{3}{CH}-\overset{2}{CH_2}-\overset{1}{CN}$ বিউট-3-ইননাইট্রাইল

দুটি ভিন্ন কার্যকরী মূলকের নামকরণের সক্রিয়তার ক্রম :

সক্রিয়তার ভিন্নতাসহ দুটি ভিন্ন কার্যকরী মূলক	উদাহরণ
(i) যৌগের অণুতে $>C=C<$ ও $-OH$ এ দুটি গ্রুপ একই যৌগের অণুতে যুক্ত থাকলে, $-OH$ গ্রুপ প্রধান গ্রুপ এবং $>C=C<$ অপ্রধান গ্রুপ হিসেবে কাজ করে।	১। $\overset{5}{CH_3}-\overset{4}{CH}=\overset{3}{CH}-\overset{2}{CH_2}-\overset{1}{CH_2}-OH$ পেন্ট-3-ইন-1-অল ২। $\overset{4}{CH_2}=\overset{3}{CH}-\overset{2}{CH_2}-\overset{1}{CH_2}-OH$ বিউট-3-ইন-1-অল
(ii) যৌগের অণুতে $-C\equiv C-$ ও $-OH$ এ দুটি গ্রুপ একই যৌগের অণুতে যুক্ত থাকলে $-OH$ প্রধান গ্রুপ এবং $-C\equiv C-$ অপ্রধান গ্রুপ হিসেবে কাজ করে।	১। $\overset{6}{CH_3}-\overset{5}{C}\equiv\overset{4}{C}-\overset{3}{CH_2}-\overset{2}{CH_2}-\overset{1}{CH_2}-OH$ হেক্স-4-আইন-1-অল ২। $\overset{5}{CH}\equiv\overset{4}{C}-\overset{3}{CH_2}-\overset{2}{CH_2}-\overset{1}{CH_2OH}$ পেন্ট-4-আইন-1-অল
(iii) যৌগের অণুতে $>C=C<$ ও $-CHO$ এ দুটি গ্রুপ একই যৌগের অণুতে যুক্ত থাকলে $-CHO$ প্রধান গ্রুপ এবং $>C=C<$ অপ্রধান গ্রুপ হিসেবে কাজ করে।	$\overset{6}{CH_3}-\overset{5}{CH}=\overset{4}{CH}-\overset{3}{CH_2}-\overset{2}{CH_2}-\overset{1}{CHO}$ হেক্স-4-ইন-1-অ্যাল
(iv) যৌগের অণুতে $>C=C<$ ও $>C=O$ এ দুটি গ্রুপ একই যৌগের অণুতে যুক্ত থাকলে $>C=O$ প্রধান গ্রুপ এবং $>C=C<$ অপ্রধান গ্রুপ হিসেবে কাজ করে।	$\overset{6}{CH_3}-\overset{5}{CH}=\overset{4}{CH}-\overset{3}{CH_2}-\overset{2}{C}(=O)-\overset{1}{CH_3}$ হেক্স-4-ইন-2-ওন
(v) যৌগের অণুতে $>C=C<$ ও $-COOH$ এ দুটি গ্রুপ একই যৌগের অণুতে যুক্ত থাকলে $-COOH$ প্রধান গ্রুপ এবং $>C=C<$ অপ্রধান গ্রুপ হিসেবে কাজ করে।	$\overset{6}{CH_3}-\overset{5}{CH}=\overset{4}{CH}-\overset{3}{CH_2}-\overset{2}{CH_2}-\overset{1}{COOH}$ হেক্স-4-ইন-1-ওয়িক এসিড

সক্রিয়তার ভিন্নতাসহ দুটি ভিন্ন কার্যকরী মূলক	উদাহরণ
(vi) যৌগের অণুতে $>C=O$ ও $-OH$ এ দুটি গ্রুপ একই যৌগের অণুতে যুক্ত থাকলে $>C=O$ প্রধান গ্রুপ এবং $-OH$ অপ্রধান গ্রুপ হিসেবে কাজ করে।	$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_2-CH_2-OH$ 4-হাইড্রক্সিবিউট-2-ওন
(vii) যৌগের অণুতে $-CHO$ ও $>C=O$ এ দুটি গ্রুপ একই যৌগের অণুতে যুক্ত থাকলে $-CHO$ প্রধানত গ্রুপ এবং $>C=O$ অপ্রধান গ্রুপ হিসেবে কাজ করে।	$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_2-CH_2-CHO$ 4-অক্সোপেন্টান্যাল
(viii) যৌগের অণুতে $-COOH$ ও $-OH$ এ দুটি গ্রুপ একই যৌগের অণুতে যুক্ত থাকলে $-COOH$ প্রধান গ্রুপ এবং $-OH$ অপ্রধান গ্রুপ হিসেবে কাজ করে।	$CH_3-\overset{\overset{OH}{\|}}{CH}-CH_2-CH_2-COOH$ 4-হাইড্রক্সিপেন্টানোয়িক এসিড
(ix) যৌগের অণুতে $-COOH$ ও $-NH_2$ এ দুটি গ্রুপ একই যৌগের অণুতে যুক্ত থাকলে $-COOH$ প্রধান গ্রুপ এবং $-NH_2$ অপ্রধান গ্রুপ হিসেবে কাজ করে।	$CH_3-CH_2-\overset{\overset{NH_2}{\|}}{CH}-CH_2-COOH$ 3-অ্যামিনোপেন্টানোয়িক এসিড
(x) যৌগের অণুতে $-COOH$ ও $>C=O$ এ দুটি গ্রুপ একই যৌগের অণুতে যুক্ত থাকলে $-COOH$ প্রধান গ্রুপ এবং $>C=O$ অপ্রধান গ্রুপ হিসেবে কাজ করে।	$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_2-CH_2-COOH$ 4-অক্সোপেন্টানোয়িক এসিড
(xi) যৌগের অণুতে $-COOH$ ও $-Cl$ এ দুটি গ্রুপ একই যৌগের অণুতে যুক্ত থাকলে $-COOH$ প্রধান গ্রুপ এবং $-Cl$ অপ্রধান গ্রুপ হিসেবে কাজ করে।	$CH_3-\overset{\overset{Cl}{\|}}{CH}-CH_2-COOH$ 3-ক্লোরোবিউটানোয়িক এসিড
(xii) যৌগের অণুতে $>C=O$ ও $-NH_2$এ দুটি গ্রুপ একই যৌগের অণুতে যুক্ত থাকলে $>C=O$ প্রধান গ্রুপ এবং $-NH_2$ অপ্রধান গ্রুপ হিসেবে কাজ করে।	$CH_3-CH-\overset{\overset{NH_2}{\|}}{CH}-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_3$ 4-অ্যামিনোহেক্স-2-ওন

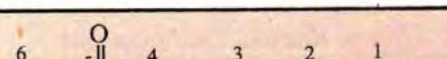
নিজে কর - ২.১৩ : (IUPAC পদ্ধতিতে যৌগগুলোর নামকরণ কর)

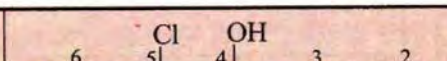
১. $CH_2=CH-CH_2-CH_2-CH_2-OH$
২. $CH\equiv C-CH_2-CH(CH_3)-CH(OH)-CH_3$
৩. $CH_2=CH-(CH_2)_2-CHO$
৪. $CH_2=CH-CH_2-CH(CH_3)-COOH$
৫. $CH_3-CH=CH-CH_2-CO-CH_3$
৬. $CH_3-CO-(CH_2)_2-CHO$
৭. $CH_3-CH=CH-CHO$
৮. $CH_3-CH(OCH_3)-CH=CH_2$
৯. $CH_3-CH(NO_2)-C\equiv CH$
১০. $CH_3-CH(OH)-CO-C_2H_5$
১১. $CH\equiv C-CH_2-CH(OH)-CH_3$
১২. $CH\equiv C-CH_2-OH$

তিনটি কার্যকরী মূলকযুক্ত যৌগের নামকরণ :

১. $CH_3-\overset{6}{CH_2}-\overset{5}{CH_2}-\overset{4}{\underset{\overset{OH}{|}}{CH}}-\overset{3}{CH_2}-\overset{2}{\underset{\overset{O}{\|}}{C}}-\overset{1}{CHO}$
4-হাইড্রক্সি-2-অক্সোহেক্সান্যাল

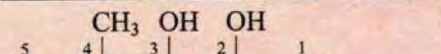
২. $CH_3-\overset{7}{CH}=\overset{6}{\underset{\overset{OH}{|}}{\overset{5}{C}}}-\overset{4}{CH_2}-\overset{3}{CH_2}-\overset{2}{CH_2}-\overset{1}{CHO}$
5-হাইড্রক্সি-হেপ্ট-5-ইন-1-অ্যাল

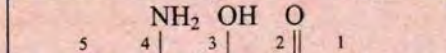
৩. 
5-অক্সোহেক্স-2-ইন-অয়িক এসিড

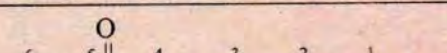
৪. 
5-ক্লোরো-4-হাইড্রক্সিহেক্সানোয়িক এসিড

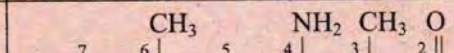
৫. 
5-ক্লোরোহেক্স-5-ইন-1-অ্যাল

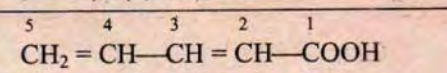
৬. 
4-ক্লোরোবিউট-3-ইন-2-ওন

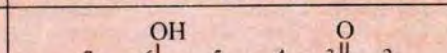
৭. 
2, 3,-ডাইহাইড্রক্সি-4-মিথাইলপেন্টান্যাল

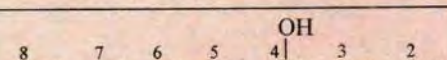
৮. 
4-অ্যামিনো-3-হাইড্রক্সিপেন্টানোন-2

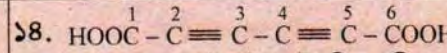
৯. 
5-অক্সোহেক্স-2-ইনোয়িক এসিড

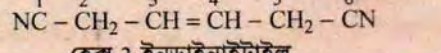
১০. 
4-অ্যামিনো-3, 6-ডাইমিথাইলহেপ্ট-2-ওন

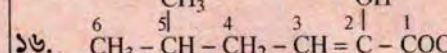
১১. 
পেন্ট-2, 4-ডাইইনোয়িক এসিড

১২. 
6-হাইড্রক্সি-3-অক্সোহেপ্ট-4-ইন্যাল

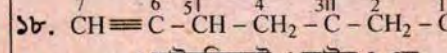
১৩. 
4-হাইড্রক্সি-8-অক্সোঅক্ট-6-ইনোয়িক এসিড

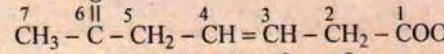
১৪. 
হেক্স-2, 4-ডাইআইনডাইওয়িক এসিড

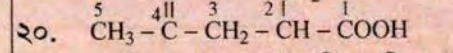
১৫. 
হেক্স-3-ইনডাইনাইট্রাইল

১৬. 
5-মিথাইল-2-হাইড্রোক্সিহেক্স-2-ইনোয়িক এসিড

১৭. 
5-কার্বাক্সয়িল-2-মিথাইলহেক্সানোয়িক এসিড

১৮. 
5-হাইড্রক্সিহেপ্ট-6-আইন-3-ওন

১৯. 
6-অক্সোহেপ্ট-3-ইনোয়িক এসিড

২০. 
2-অ্যামিনো-4-অক্সোপেন্টওয়িক এসিড

দলগতভাবে কর - ২.১৪ : (উচ্চতর দক্ষতা স্তর)
যৌগগুলোর IUPAC পদ্ধতিতে নামকরণ কর।

১. $CH_3 — CH(OH) — CH_2 — CO — CHO$
২. $CH_3 — CO — (CH_2)_3 — CH = CH — COOH$
৩. $CH_3 — CHBr — CH(OH) — CH_2 — COOH$
৪. $CH \equiv C — CH_2 — CH(OH) — CH = CH_2$
৫. $CHCl = CH — CO — CH_3$
৬. $CH_2 = CH — CHCl — CH_2OH$
৭. $CH_3 — C \equiv C — CH(OH) — CH = CH_2$
৮. $CH_3 — CHCl — CH_2 — CONH_2$
৯. $CH_3 - CO - CH_2 - CH = CH - CH_2 - COOH$
১০. $CH_3 - CH(OH) - (CH_2)_2 - CO - CH_2 - CHO$
১১. $CH_2 = CH - CH_2 - CHO$
১২. $CH_2 = CH - CH_2 - COOH$
১৩. $CH_3 - CO - CH_2 - CH = CH - CH_2 - COOH$
১৪. $CH_3 - CH(OH) - CH_2 - CO - CH_2 - CHO$
১৫. $CH_3 - CH_2 - CH(CONH_2) - CH_2 - COOH$

২.৫.৩ | জৈব ধাতব যৌগের নামকরণ (Nomenclature of Organo Metalic Compounds)

যেসব যৌগে কার্বন পরমাণুর সাথে অন্য কোনো ধাতব পরমাণু সরাসরি রাসায়নিকভাবে যুক্ত থাকে তাদের জৈব ধাতব যৌগ বলে। এ জাতীয় যৌগের নামকরণের ক্ষেত্রে অ্যালকিন বা অ্যালকাইল মূলকের নামের সাথে ধাতুর নাম যুক্ত করা হয়। আর যদি কোনো অধাতব গ্রুপ যুক্ত থাকে তবে সেক্ষেত্রে মূল শব্দের ক্ষেত্রে তা যোগ করা হয়। যদি অ্যালকিন বা অ্যালকাইন মূলকের সংখ্যা একের অধিক হয় তবে সেক্ষেত্রে গ্রুপের সংখ্যানুযায়ী ডাই, ট্রাই প্রভৃতি ব্যবহার করা হয়।

উদাহরণস্বরূপ :

(i) $CH_3 - Li$
মিথাইল লিথিয়াম

(ii) $CH_3 - CH_2 - CH_2 - Li$
প্রোপাইল লিথিয়াম

(iii) $(CH_3-CH_2)_2Zn$
ডাইইথাইল জিংক

(iv) $(CH_3-CH_2)_2Cd$
ডাইইথাইল ক্যাডমিয়াম

(v) $(CH_3-CH_2)_3Pb(CH_2-CH_3)$
টেট্রাইথাইল লেড, TEL

(iv) $(C_6H_5)_2Zn$
ডাইফিনাইল জিংক

(vii) $CH_3 - MgI$
মিথাইল ম্যাগনেসিয়াম আয়োডাইড

(viii) $CH_3 - CH_2 - MgCl$
ইথাইল ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড

(ix) $C_6H_5 - HgCl$
ফিনাইল মারকারী (ii) ক্লোরাইড

(x) $C_6H_5 - MgBr$
ফিনাইল ম্যাগনেসিয়াম ব্রোমাইড

জৈব ধাতব যৌগ নয় এরূপ যৌগের নামকরণ :

(i) CH_3-O-Na
সোডিয়াম মিথোক্সাইড

(ii) CH_3-CH_2-O-Na
সোডিয়াম ইথোক্সাইড

(iii) $(CH_3-CH_2-O)_2Mg$
ম্যাগনেসিয়াম ইথোক্সাইড

(iv) $C_6H_5-C(=O)-O-Na$
সোডিয়াম বেনজোয়েট

(v) $(CH_3-C(=O)-O)_2Ca$
ক্যালসিয়াম ইথানয়েট

(vi) $(CH_3-C(=O)-O)_2Pb$
লেড ইথানয়েট

(vii) $CH_3-C(=O)-O-Na$
সোডিয়াম ইথানয়েট

২.৫.৪ | অ্যারোমেটিক যৌগের নামকরণ (Nomenclature of Aromatic Compounds)

২.৫.৪.১ : বেনজিন জাতকের নামকরণ (Nomenclature of Benzene derivatives) :

IUPAC পদ্ধতিতে বেনজিন জাতক যৌগের নামকরণের ক্ষেত্রে এক প্রতিস্থাপক বেনজিন জাতক, দ্বিপ্রতিস্থাপক বেনজিন জাতক, ত্রিপ্রতিস্থাপক বেনজিন জাতক বা তার চেয়ে বেশি প্রতিস্থাপক বেনজিন জাতকের নামকরণ নিচে উল্লেখ করা হলো :

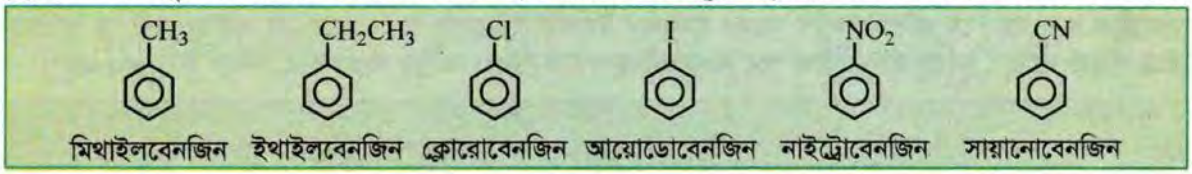
(ক) এক প্রতিস্থাপক বেনজিন জাতক (Mono-substituted benzene derivatives) : এক প্রতিস্থাপক বেনজিন জাতকের নামকরণের ক্ষেত্রে IUPAC পদ্ধতিতে তিনটি পদ্ধতি অনুসরণ করা হয়।

(i) এক্ষেত্রে বেশকিছু যৌগ আছে যাদের নামকরণ তাদের প্রচলিত নামেই নামকরণ করা হয়। এ নামের সাথে প্রতিস্থাপকের নামের কোনো সাদৃশ্য নাও থাকতে পারে। যেমন,



(ফেনল) (কিউমিন) (বেনজোয়িক এসিড) (অ্যাসিটোফেনোন) (স্ট্র্যারিন)

(ii) বেনজিনকে মূল নাম হিসেবে ব্যবহার করে প্রতিস্থাপকটিকে উপপদ (prefix) হিসেবে লিখে এদের নামকরণ করা হয়।

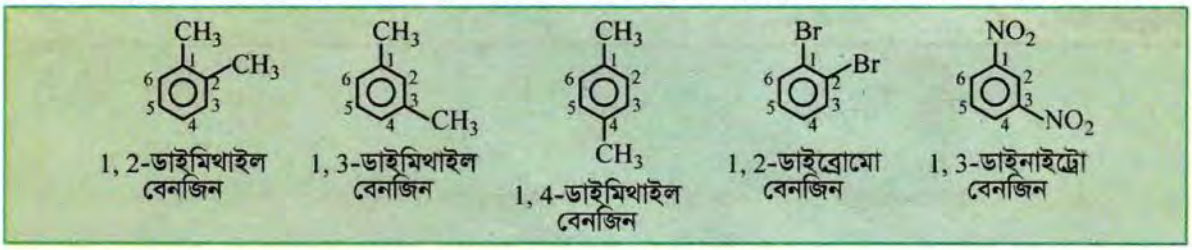


এক্ষেত্রে প্রতিস্থাপকের নাম ও বেনজিন শব্দের মধ্যে কোনো ফাঁকা স্থান রাখা যাবে না।

(iii) এক্ষেত্রে প্রতিস্থাপকের নাম বেনজিন শব্দের ক্ষেত্রে উল্লেখ করা হয়।

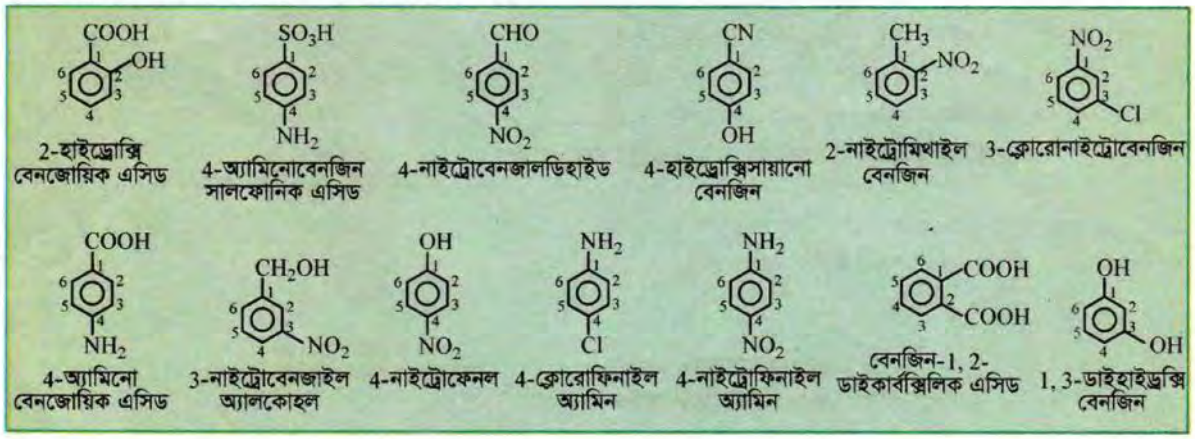


(খ) দ্বিপ্রতিস্থাপক বেনজিন জাতক (Di-Substituted benzene derivatives) : (i) একই জাতীয় দুটি প্রতিস্থাপক বেনজিন জাতকের ক্ষেত্রে IUPAC পদ্ধতিতে যে কোনো একটি প্রতিস্থাপক যুক্ত কার্বনকে 1 সংখ্যা দিয়ে চিহ্নিত করে দ্বিতীয় প্রতিস্থাপকের ক্ষেত্রে সব থেকে কম সংখ্যা দিয়ে চিহ্নিত করা হয় এবং সংখ্যার শেষে ডাই শব্দটি ব্যবহার করা হয়।

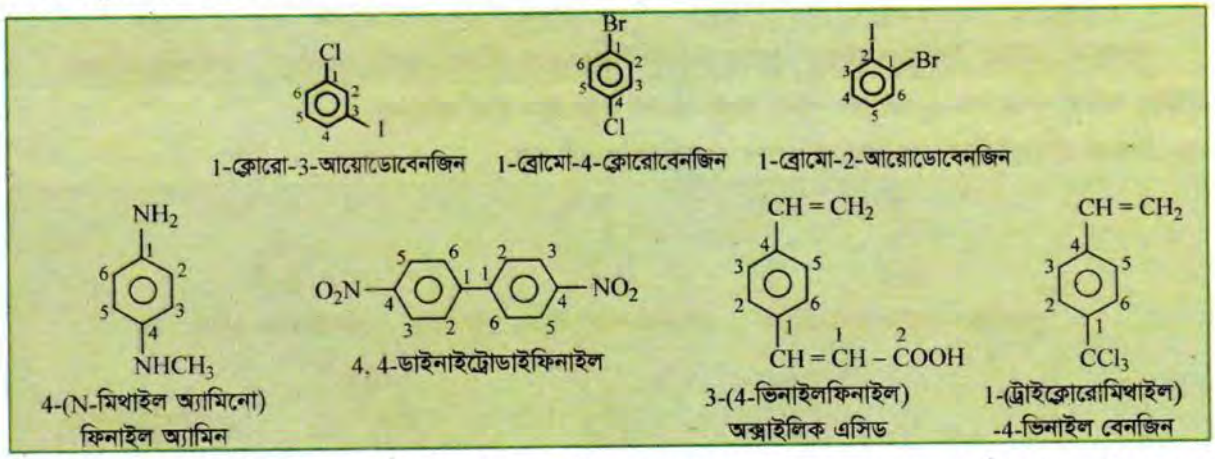


(ii) প্রতিস্থাপক দুটি ভিন্ন হলে অধিক সক্রিয় প্রতিস্থাপকটিকে বেনজিন বলয়ের জনক (parent) হিসেবে ধরা হয় এবং তার নামই মূল নাম হিসেবে ব্যবহার করা হয়। দ্বিতীয় প্রতিস্থাপকের নাম মূল নামের পূর্বে বসানো হয়।

বেনজিন বলয়ে সক্রিয়তার ক্রমের ক্ষেত্রে $-COOH > -SO_3H > -CONH_2 > -CHO > -CN > >CO > -CH_2OH > -CH_3 > -OH > -NH_2 > -NO_2 >$ হ্যালোজেন।

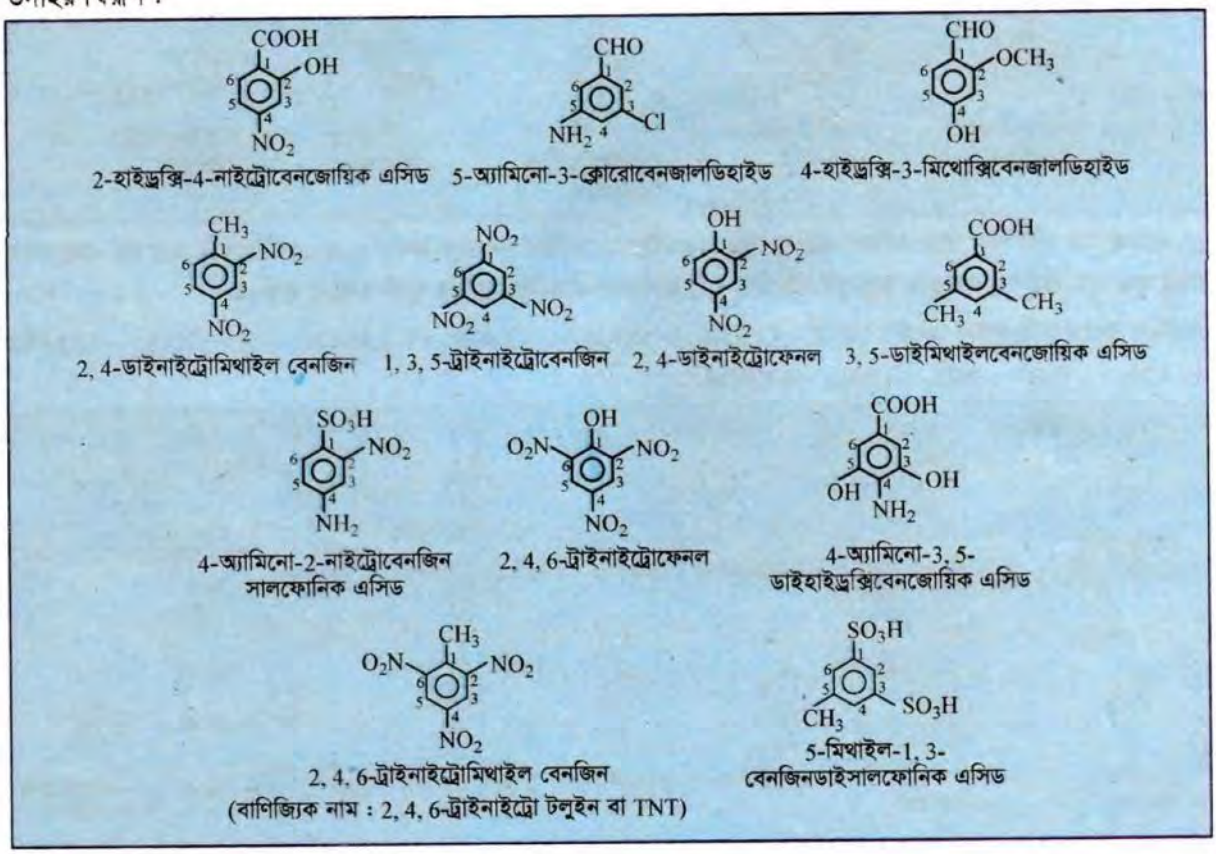


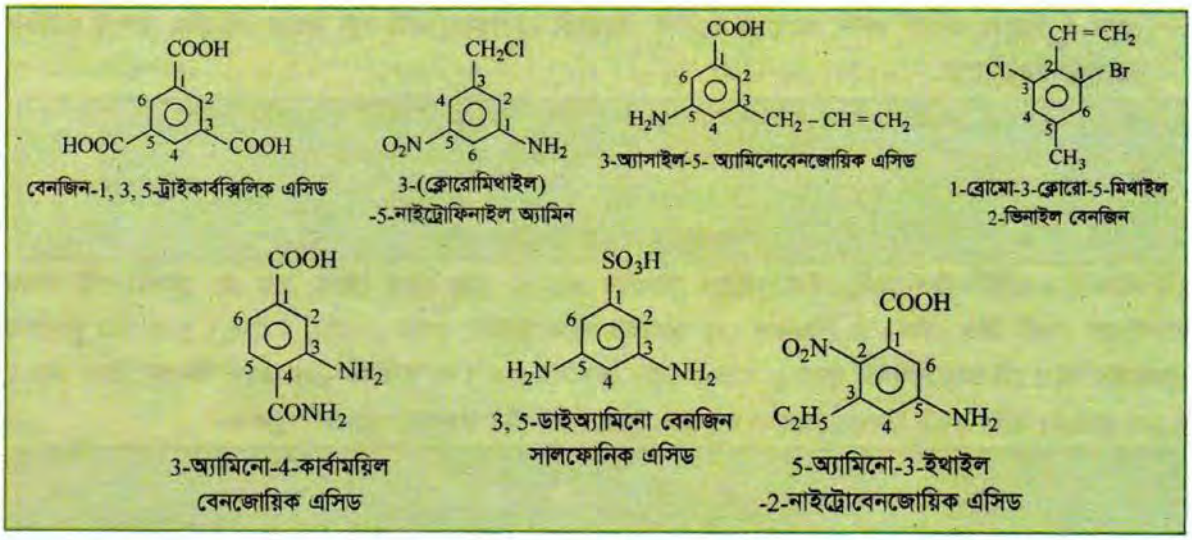
(iii) যদি প্রতিস্থাপক দুটি হ্যালোজেন পরমাণু হয়, তবে সেক্ষেত্রে প্রতিস্থাপকের ইংরেজি নামের বর্ণমালার ক্রম অনুযায়ী সংখ্যায়িত করা হয়। যে প্রতিস্থাপকটির নামের আদ্যক্ষর ইংরেজি বর্ণমালার আগে থাকে সে প্রতিস্থাপকটি যে কার্বনের সাথে সংযুক্ত তাকে 1 সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত করে অপর প্রতিস্থাপককে সম্ভাব্য সর্বনিম্ন সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। যেমন,



(গ) ত্রি প্রতিস্থাপক বা তার চেয়ে বেশি প্রতিস্থাপিত বেনজিন জাতক (Tri-Substituted or polysubstituted benzene derivatives) : বেনজিন বলয়ে তিনটি বা তার চেয়ে বেশি প্রতিস্থাপক গ্রুপ যুক্ত হলে সক্রিয়তার ক্রম অনুযায়ী অধিক সক্রিয় গ্রুপটি প্রধান প্রতিস্থাপক গ্রুপ হিসেবে ধরা হয়। প্রধান প্রতিস্থাপক সংযুক্ত বলয়ের কার্বন পরমাণুকে 1 সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। বলয়ে অপর সংযুক্ত গ্রুপের কার্বনের সংখ্যাকে 2, 3, 4, 5, 6 দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। এক্ষেত্রেও সম্ভাব্য সর্বনিম্ন সংখ্যার নীতি অনুসরণ করা হয়। প্রধান প্রতিস্থাপক সংযুক্ত গ্রুপের নাম অনুযায়ী মূল যৌগের নামকরণ করা হয়।

উদাহরণস্বরূপ :





২.৫.৫ | 2005 সালের IUPAC সুপারিশ অনুযায়ী নাম থেকে জৈব যৌগের গাঠনিক সংকেত নির্ণয়

(Determination of structural formula of organic compound from 2005 IUPAC name)

জৈব যৌগের গাঠনিক সংকেত থেকে আমরা যেমন, IUPAC নামকরণ করেছি, ঠিক একইভাবে জৈব যৌগের IUPAC নাম থেকে তার গাঠনিক সংকেত লিখতে পারি। এক্ষেত্রে কিছু সুনির্দিষ্ট নিয়ম অনুসরণ করার প্রয়োজন হয়। অ্যালিফেটিক জৈব যৌগ IUPAC নাম থেকে গাঠনিক সংকেত নির্ণয় করার ক্ষেত্রে নিচের নিয়ম অনুসরণ করা হয়।

১. জৈব যৌগটির IUPAC নাম অনুসারে মূল যৌগে যে কার্বন সংখ্যা উপস্থিত তার সমান সংখ্যক C-পরমাণুকে একক বন্ধন দ্বারা যুক্ত করে সরল কার্বন শিকল লেখা হয়।

যেমন– পেন্ট এর ক্ষেত্রে : $-C-C-C-C-C-$

অক্ট এর ক্ষেত্রে : $-C-C-C-C-C-C-C-C-$

২. শিকলে অন্তর্ভুক্ত প্রতিটি কার্বন পরমাণুকে বাম থেকে ডানের দিকে 1, 2, 3, ---- প্রভৃতি সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত করা হয়।

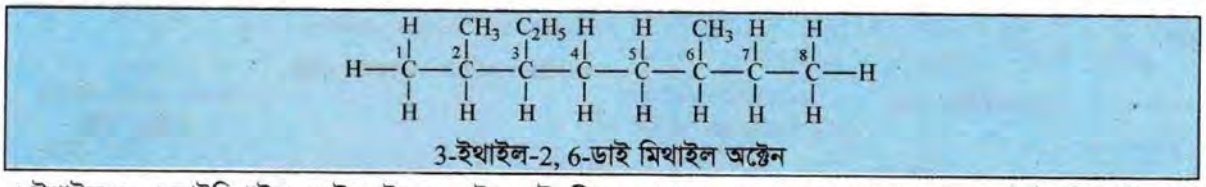
$$\overset{1}{-C}-\overset{2}{C}-\overset{3}{C}-\overset{4}{C}-\overset{5}{C}-\overset{6}{C}-\overset{7}{C}-\overset{8}{C}-\overset{9}{C}-\overset{10}{C}-$$

৩. এখন IUPAC নাম থেকে প্রাপ্ত সংখ্যা অনুযায়ী প্রতিস্থাপক গ্রুপ বা গ্রুপগুলোকে সঠিকভাবে কার্বন শিকলের নির্দিষ্ট কার্বনের সাথে যুক্ত করা হয়। কার্যকরী মূলককে নির্দিষ্ট সংখ্যার কার্বন পরমাণুর সাথে যুক্ত করা হয়।

৪. প্রতিস্থাপক গ্রুপসমূহ এবং কার্যকরী মূলক যুক্ত করার পর কার্বন পরমাণুর অবশিষ্ট যোজ্যতাগুলোকে H-পরমাণু দ্বারা পূর্ণ করা হয়। যেমন– (i) 3-ইথাইল – 2, 6-ডাই মিথাইলঅক্টেন এর ক্ষেত্রে : অক্ট শব্দ থেকে বোঝা যায় যৌগটির প্রধান শিকলে কার্বন পরমাণুর সংখ্যা 8টি। এ শিকলের 3নং কার্বনে একটি ইথাইল গ্রুপ ($-CH_2-CH_3$) এবং 2 ও 6 নং কার্বনে দুটি মিথাইল গ্রুপ প্রতিস্থাপক হিসেবে যুক্ত। অর্থাৎ

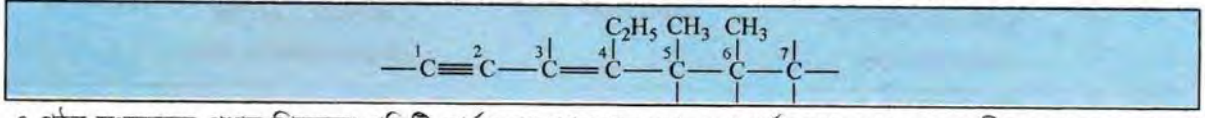
$$-\overset{1}{C}-\overset{2}{C}-\overset{3}{C}(CH_3)(CH_2-CH_3)-\overset{4}{C}-\overset{5}{C}-\overset{6}{C}(CH_3)-\overset{7}{C}-\overset{8}{C}-$$

এখন এ গঠনের প্রতিটি কার্বন পরমাণুর অবশিষ্ট যোজ্যতা H-পরমাণু দ্বারা পূর্ণ করলে যৌগটির সম্পূর্ণ গাঠনিক সংকেত পাওয়া যাবে।

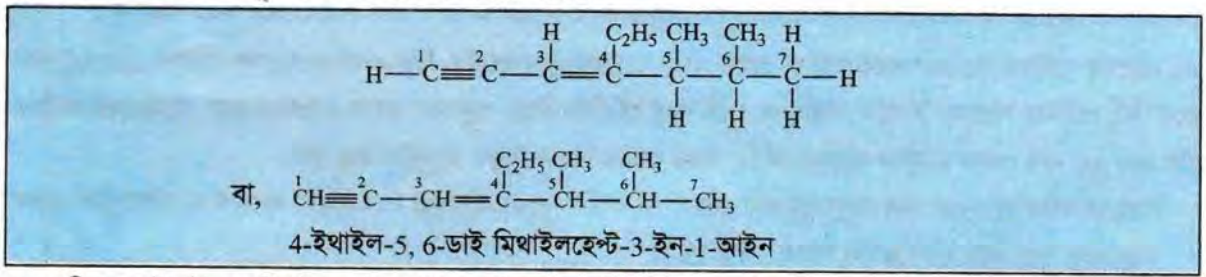


3-ইথাইল-2, 6-ডাই মিথাইল অক্টেন

4-ইথাইল-5, 6-ডাইমিথাইল-হেপ্ট-3-ইন-1-আইন যৌগটির IUPAC নাম থেকে বোঝা যায় যে, যৌগটি 7টি কার্বন পরমাণুযুক্ত একটি জৈব যৌগ। এ শিকলের 4নং কার্বনের সাথে ইথাইল মূলক ($-CH_2-CH_3$), 5 ও 6নং কার্বনের প্রত্যেকের সাথে 1টি করে মিথাইল মূলক ($-CH_3$), প্রধান শিকলের 3 ও 4 নং কার্বনের মধ্যে একটি দ্বিবন্ধন (ইন) এবং 1 ও 2নং কার্বনের মধ্যে একটি ত্রিবন্ধন (আইন) বর্তমান। সুতরাং যৌগটির অসম্পূর্ণ গাঠনিক সংকেত–

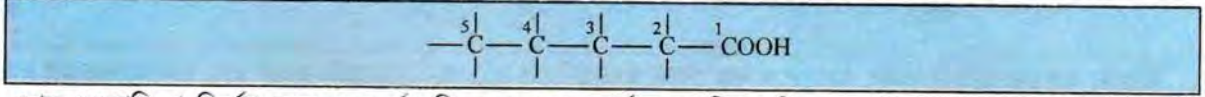


এ গঠন সংকেতের প্রধান শিকলের প্রতিটি কার্বন পরমাণুর চার যোজ্যতা পূর্ণ করার জন্য প্রয়োজনীয় সংখ্যক H-পরমাণু যুক্ত করলে যৌগটির সম্পূর্ণ গাঠনিক সংকেত পাওয়া যাবে।

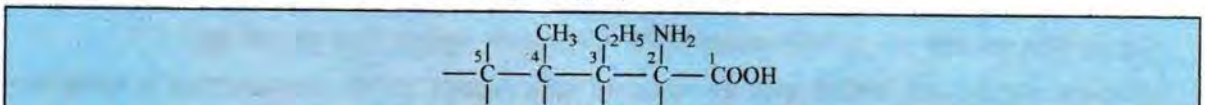


4-ইথাইল-5, 6-ডাই মিথাইলহেপ্ট-3-ইন-1-আইন

2-অ্যামিনো-3-ইথাইল-4-মিথাইলপেন্টানোয়িক এসিড। 'পেন্টা' শব্দ থেকে নির্দেশ করা হয় যৌগের গাঠনিক সংকেতে 5টি কার্বন পরমাণু সরল শিকলে সংযুক্ত। 'নোয়িক এসিড' নির্দেশ করে যৌগটি কার্বক্সিলিক এসিড শ্রেণির অন্তর্ভুক্ত। সুতরাং –COOH মূলককে 1 নং কার্বন পরমাণু ধরে কার্বন শিকলের সংখ্যা গণনা করে যৌগের আংশিক গঠন সংকেত হয়–

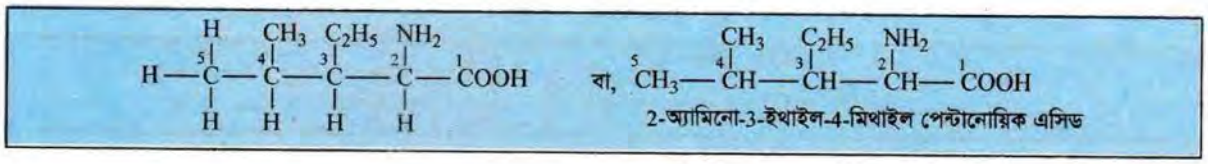


এখন 2-অ্যামিনো নির্দেশ করে যে কার্বন শিকলের 2 নং কার্বনে একটি অ্যামিনো ($-NH_2$) গ্রুপ যুক্ত, 3-ইথাইল থেকে বোঝা যায় কার্বন শিকলের 3নং কার্বনে একটি ইথাইল গ্রুপ ($-CH_2-CH_3$) যুক্ত এবং 4-মিথাইল থেকে বোঝা যায় কার্বন শিকলের 4 নং কার্বনের সাথে একটি মিথাইল গ্রুপ ($-CH_3$) যুক্ত। অর্থাৎ,



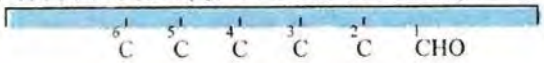
(আংশিক গাঠনিক সংকেত)

এ আংশিক গঠনের প্রতিটি কার্বন পরমাণুর অবশিষ্ট যোজ্যতা H-পরমাণু দ্বারা পূর্ণ করলে যৌগটির সম্পূর্ণ গাঠনিক সংকেত পাওয়া যাবে।

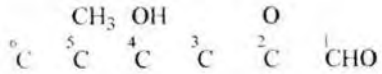


2-অ্যামিনো-3-ইথাইল-4-মিথাইল পেন্টানোয়িক এসিড

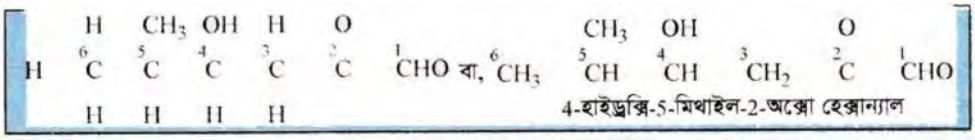
৪. 4-হাইড্রক্সি-5-মিথাইল-2-অক্সোহেক্সান্যাল। 'হেক্সা' শব্দ থেকে নির্দেশ করা হয় যৌগের গাঠনিক সংকেতে 6টি কার্বন পরমাণু সংখ্যা শিকলে বর্তমান। 'ন্যাল' শব্দটি নির্দেশ করে যৌগটি অ্যালডিহাইড শ্রেণির অন্তর্ভুক্ত। সুতরাং – CHO মূলককে 1 নং কার্বন পরমাণু ধরে কার্বন শিকলের সংখ্যা গণনা করে যৌগের আংশিক গঠন সংকেত হয়–



এখন 4-হাইড্র । নির্দেশ করে
কার্বন শিকলে মাণুটি একটি
কার্বনিল মূলক



এ আংশিক গ নিক সংকেত
পাওয়া যায়।



দলগতভাবে কর – ২.১৫ : (উচ্চতর দক্ষতা স্তর)
নিচের যৌগগুলোর গাঠনিক সংকেত লেখ :

১. 3, 5-ডাইইথাইল-2, 2, 5, 6-টেট্রামিথাইলহেপ্টেন	২১. 5-অক্সোহেপ্ট-2-ইনোয়িক এসিড
২. 3, 6-ডাইইথাইল-2, 2, 8, 9-টেট্রামিথাইলডেকেন	২২. 3-অক্সোপেন্টান্যামাইড
৩. 2, 3-ডাইইথাইল-4, 4-ডাইমিথাইলপেন্ট-1-ইন	২৩. 4-হাইড্রক্সি-5-মিথাইল-2-অক্সোহেপ্টান্যাল
৪. 3, 5-ডাইইথাইল-6, 6-ডাইমিথাইলহেপ্ট-3-ইন	২৪. 2-অ্যামিনো-3-হাইড্রক্সি-5-মিথাইল-4-অক্সোহেপ্টানোয়িক এসিড
৫. 5-ইথাইল-5, 6-ডাইইথাইলহেপ্ট-2-আইন	২৫. নোন-4, 6-ডাইইন-1-আইন
৬. 6, 7-ডাইইথাইল-2, 9-ডাইমিথাইল-7-প্রোপাইলডেক-4-আইন	২৬. 3-মিথাইলহেপ্টানডাইওয়িক এসিড
৭. 3, 6-ডাইইথাইল-2, 2, 6, 7-টেট্রামিথাইলঅক্ট-4-আইন	২৭. অক্ট-6-ইন-2-আইনোয়িক এসিড
৮. 2-মিথাইলপেন্ট-1, 4-ডাইইন	২৮. হেক্স-3-ইনডাইনাইট্রাইল
৯. প্রোপ-1, 2-ডাইইন	২৯. 4-সায়ানো-3-মিথোক্সিবিউটানোয়িক এসিড
১০. 3-মিথাইলহেক্স-1, 4-ডাইইথাইন	৩০. 2-ক্লোরো-3-মিথাইলপেন্ট-3-ইন-1-অল
১১. পেন্ট-1, 3-ডাইআইন	৩১. 1, 1-ডাইক্লোরোবিউটান্-2-ওন
১২. 5-ইথাইল-5-মিথাইলঅক্ট-1, 3, 6-ট্রাইআইন	৩২. প্রোপ-ইন-1-অ্যামিন
১৩. অক্ট-1-ইন-5-আইন	৩৩. 3-ইথাইল-6-হাইড্রক্সি-7-মিথাইলঅক্ট-2, 4-ডাইওন
১৪. 4-ভিনাইলহেপ্ট-1-ইন-5-আইন	৩৪. 3-(ইথাইল মিথাইল অ্যামিনো) পেন্টেন
১৫. 3-ইথাইল-2-মিথাইলহেক্স-1, 3, 5-ট্রাইইন	৩৫. 6-অক্সোহেপ্ট-3-ইনোয়িক এসিড
১৬. 3, 5-ডাইব্রোমো-3-ক্লোরোপেন্ট-1-ইন-4-আইন	৩৬. 2-(হাইড্রক্সিমিথাইল) পেন্ট-1, 5-ডাইঅল
১৭. 3-ইথাইল-4-মিথাইলহেপ্ট-3-ইন-1-অল	৩৭. পেন্ট-1-ইন-4-আইন
১৮. পেন্ট-4-আইন-2-অল	৩৮. 4-অ্যামিনোপেন্টান-2-ওন
১৯. 4-মিথাইলপেন্ট-3-ইন্যাল	৩৯. বিউট-2-ইন-1, 4-ডাইঅল
২০. 3, 5-ডাইমিথাইলহেক্স-3-ইন-2-ওন	৪০. 6-ইথাইনাইলঅক্ট-1, 3, 6-ট্রাইইন

২.৬ জৈব যৌগের সমাণুতা ও এর প্রকারভেদ

(Isomerism of Organic Compounds & its Classifications)

জৈব রসায়নে এমন কিছু যৌগ দেখা যায় যাদের আণবিক সংকেত এক হওয়া সত্ত্বেও তাদের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মে কোনো কোনো ক্ষেত্রে পার্থক্য দেখা যায়। এরূপ ভিন্নধর্মিতার কারণ এদের অণুস্থিত বিভিন্ন পরমাণুর মধ্যে বিন্যাস বা সজ্জার ভিন্নতা। যেমন C_2H_6O আণবিক সংকেত দ্বারা দুটি যৌগ লেখা সম্ভব হয়। একটি ইথানল যার সংকেত CH_3-CH_2-OH এবং অপরটি মিথোক্সি মিথেন (CH_3-O-CH_3). এ যৌগ দুটির মধ্যে শুধু ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মেই পার্থক্য নয়, এরা জৈব রসায়নের দুটি ভিন্ন সমগোত্রীয় শ্রেণির যৌগ।

এরূপ যেসব জৈব যৌগের আণবিক সংকেত অভিন্ন হওয়া সত্ত্বেও এদের গাঠনিক সংকেতের ভিন্নতার কারণে এবং অণুস্থিত পরমাণুসমূহের ত্রিমাত্রিক বিন্যাসের ভিন্নতার কারণে এদের বিভিন্ন ভৌতধর্ম ও রাসায়নিক ধর্মের অসমতা প্রকাশ পায়, সেসব যৌগকে সমাণু (isomers) এবং যৌগের এরূপ ধর্মকে সমাণুতা (isomerism) বলা হয়ে থাকে।

▶▶ ২.৬.১ | সমাণুতার শ্রেণিবিভাগ (Classification of Organic Compunds)

জৈব যৌগের সমাণুতাকে প্রধানত দুটি ভাগে ভাগ করা হয়।

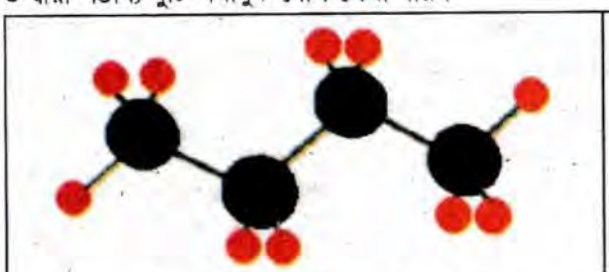
ক. গাঠনিক সমাণুতা (Structural isomerism), **খ. স্টেরিও সমাণুতা** (Streo isomerism)

ক. গাঠনিক সমাণুতা (Structural isomerism) :

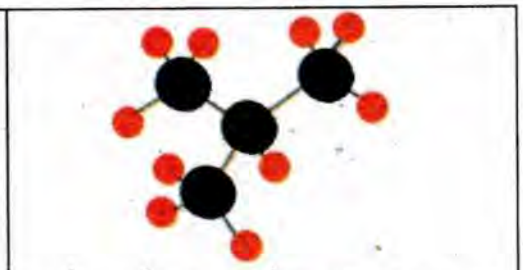
জৈব যৌগের অণুতে বিভিন্ন পরমাণুর সম্ভাব্য একাধিক অবস্থান বিন্যাসের পার্থক্যজনিত কারণে যে সমাণুতার উদ্ভব ঘটে, একে গাঠনিক সমাণুতা বলা হয়ে থাকে। এক্ষেত্রে সমাণুক যৌগগুলোর মধ্যে গাঠনিক সংকেতের ভিন্নতা পরিলক্ষিত হয়। গাঠনিক সমাণুতাকে পাঁচ ভাগে ভাগ করা হয়। যেমন

১. শিকল সমাণুতা (Chain isomerism), ২. অবস্থান সমাণুতা (Position isomerism),
৩. কার্যকরী মূলক সমাণুতা (Functional group isomerism), ৪. মেটামারিজম (Metamerism),
৫. টটোমারিজম (Tautomerism)

১. **শিকল সমাণুতা :** একই সমগোত্রীয় শ্রেণির জৈব যৌগসমূহের কার্বন শিকলের গঠনের পার্থক্য হেতু এ জাতীয় সমাণুতার উদ্ভব ঘটে। এক্ষেত্রে সমাণুক যৌগগুলো শাখামুক্ত ও শাখাযুক্ত হয়ে থাকে। যেমন, C_4H_{10} এ আণবিক সংকেত দ্বারা সম্ভাব্য দুটি সমাণুক যৌগ লেখা যায়।



(i) $\overset{1}{CH_3}-\overset{2}{CH_2}-\overset{3}{CH_2}-\overset{4}{CH_3}$ (বিউটেন)



(ii) $\overset{1}{CH_3}-\overset{2}{CH}(CH_3)-\overset{3}{CH_3}$ (2-মিথাইল প্রোপেন)

চিত্র ২.৩ : C_4H_{10} এর শিকল সমাণু

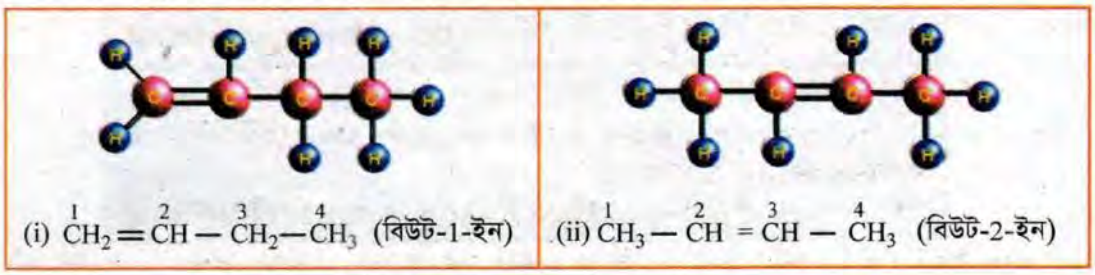
একইভাবে C_5H_{12} এ আণবিক সংকেত দ্বারা তিনটি সমাণুক যৌগ সম্ভব।

(i) $\overset{1}{CH_3}-\overset{2}{CH_2}-\overset{3}{CH_2}-\overset{4}{CH_2}-\overset{5}{CH_3}$
পেন্টেন

(ii) $\overset{1}{CH_3}-\overset{2}{\underset{\displaystyle CH_3}{CH}}-\overset{3}{CH_2}-\overset{4}{CH_3}$
2-মিথাইলবিউটেন বা আইসোপেন্টেন

(iii) $\overset{1}{CH_3}-\overset{2}{\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle CH_3}{C}}}-\overset{3}{CH_3}$ 2, 2-ডাইমিথাইলপ্রোপেন বা নিওপেন্টেন

২. **অবস্থান সমাণুতা :** জৈব যৌগের অণুতে কার্বন শিকলে কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন ($>C=C<$) এ কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধন ($-C\equiv C-$) এর অবস্থান অথবা প্রতিস্থাপন একই পরমাণু বা একই কার্যকরী মূলকের বিভিন্ন অবস্থানে অবস্থানের কারণে এ জাতীয় সমাণুতার সৃষ্টি হয়। যেমন C_4H_8 আণবিক সংকেত এর সম্ভাব্য সমাণুক দুটি।



(i) $\overset{1}{C}H_2=\overset{2}{C}H-\overset{3}{C}H_2-\overset{4}{C}H_3$ (বিউট-1-ইন)

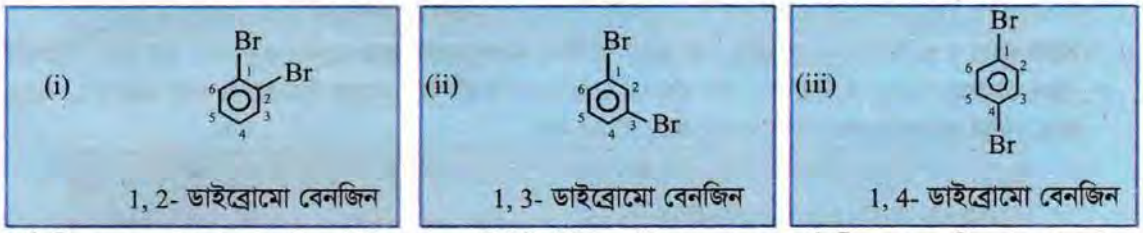
(ii) $\overset{1}{C}H_3-\overset{2}{C}H=\overset{3}{C}H-\overset{4}{C}H_3$ (বিউট-2-ইন)

চিত্র ২.৪ : C_4H_8 এর অবস্থান সমাণু

C_3H_8O যৌগের সমাণুক দুটি :

(i) $\overset{3}{C}H_3-\overset{2}{C}H_2-\overset{1}{C}H_2OH$ (প্রোপ-1-অল), (ii) $\overset{1}{C}H_3-\overset{2}{C}H(\overset{OH}{})-\overset{3}{C}H_3$ (প্রোপ-2-অল)

$C_6H_4Br_2$ যৌগের ক্ষেত্রে তিনটি সমাণুক পাওয়া যায় :



(i) 1, 2- ডাইব্রোমো বেনজিন

(ii) 1, 3- ডাইব্রোমো বেনজিন

(iii) 1, 4- ডাইব্রোমো বেনজিন

৩. **কার্যকরী মূলক সমাণুতা :** একই আণবিক সংকেতবিশিষ্ট বিভিন্ন যৌগের অণুতে কার্যকরী মূলকের ভিন্নতার কারণে এ জাতীয় সমাণুতার সৃষ্টি হয়। যেমন C_3H_6O আণবিক সংকেতবিশিষ্ট যৌগের ক্ষেত্রে সম্পূর্ণ ভিন্ন দুটি কার্যকরী মূলকের জন্য দুটি ভিন্ন সমগোত্রীয় শ্রেণির যৌগের সৃষ্টি হয়।

(i) CH_3-CH_2-CHO (প্রোপান্যাল), (ii) $CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_3$ (প্রোপানোন)

প্রথমটি অ্যালডিহাইড শ্রেণির যৌগ দ্বিতীয়টি কিটোন শ্রেণির যৌগ।

একইভাবে C_2H_6O আণবিক সংকেত দ্বারা সম্ভাব্য সমাণুক দুটি–

(i) CH_3-CH_2-OH (ইথানল), (ii) $\overset{1}{C}H_3-\overset{2}{O}-\overset{3}{C}H_3$ (2-অক্সাপ্রোপান)

প্রথমটি অ্যালকোহল শ্রেণি যৌগ ও দ্বিতীয়টি ইথার শ্রেণি যৌগ।

৪. **মেটামারিজম :** একই সমগোত্রীয় শ্রেণির অন্তর্ভুক্ত সমাণুসমূহের একই কার্যকরী মূলকের উভয় পার্শ্বে কার্বন পরমাণুর সংখ্যার ভিন্নতা কারণে সৃষ্ট সমাণুতাকে মেটামারিজম বলা হয়ে থাকে। সাধারণত দ্বিযোজী কার্যকরী মূলক যুক্ত যৌগের ক্ষেত্রে মেটামারিজম ঘটে। যেমন– ইথার, কিটোন, সেকেন্ডারি অ্যামিন, সেকেন্ডারি অ্যালকোহল ইত্যাদি যৌগ মেটামারিজম প্রদর্শন করে থাকে। যেমন (ক) $C_4H_{10}O$ ও (খ) $C_5H_{10}O$ আণবিক সংকেত দ্বারা গঠিত মেটামার সমাণুক যথাক্রমে–

ক. $C_4H_{10}O \rightarrow$

(i) $\overset{1}{CH_3}-\overset{2}{O}-\overset{3}{CH_2}-\overset{4}{CH_2}-\overset{5}{CH_3}$ (2-অক্সাপেন্টান)

(ii) $\overset{1}{CH_3}-\overset{2}{CH_2}-\overset{3}{O}-\overset{4}{CH_2}-\overset{5}{CH_3}$ (3-অক্সাপেন্টান)

(iii) $\overset{4}{CH_3}-\overset{3}{\underset{\displaystyle CH_3}{CH}}-\overset{2}{O}-\overset{1}{CH_3}$ (3-মিথাইল-2-অক্সাবিউটান)

খ. $C_5H_{10}O \rightarrow$

(i) $\overset{1}{CH_3}-\overset{2}{\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}}-\overset{3}{CH_2}-\overset{4}{CH_2}-\overset{5}{CH_3}$ (পেন্ট-2-ওন)

(ii) $\overset{1}{CH_3}-\overset{2}{CH_2}-\overset{3}{\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}}-\overset{4}{CH_2}-\overset{5}{CH_3}$ (পেন্ট-3-ওন)

৫. **টটোমারিজম :** টটোমারিজম হলো এক বিশেষ ধরনের কার্যকরী মূলক সমাণুতা যেখানে সমাণুগুলো সাধারণ অবস্থায় স্বতঃস্ফূর্তভাবে সম্পূর্ণ ভিন্ন কার্যকরী মূলক যুক্ত শ্রেণি যৌগে রূপান্তরিত হয়। এক্ষেত্রে উভয় গঠন কাঠামোর মধ্যে একটি গতিশীল সাম্যাবস্থার সৃষ্টি হয়। এ কারণে টটোমারিজমকে গতিশীল কার্যকরী মূলক সমাণুতা বলা হয়ে থাকে। যেমন C_3H_6O আণবিক সংকেত দ্বারা টটোমার সমাণু দুটি–

$CH_3-\overset{\displaystyle OH}{\overset{|}{C}}=CH_2$ ⋯⋯ $CH_3-\overset{\displaystyle O\ H}{\overset{\|\ \ |}{C}}-CH_2$

(প্রোপিন-2-অল) (প্রোপানোন)

অ্যালডিহাইড ও কিটোনের বেশকিছু ধর্ম থাকে যা কিনা অসম্পৃক্ত অ্যালকোহলের অনুরূপ। এর কারণ হিসেবে এদের গঠন কাঠামোর মধ্যে টটোমারিক দুটি গঠনের মধ্যে এরা একটি সাম্যাবস্থায় বিরাজমান বলে ধরা হয়। তবে বেশির ভাগ ক্ষেত্রে অ্যালডো অথবা কিটো গঠনেরই প্রাধান্য ঘটে।

$CH_2=\overset{\displaystyle H}{\overset{|}{C}}-OH$	$CH_3-\overset{\displaystyle H}{\overset{|}{C}}=O$	$CH_2=\overset{\displaystyle OH}{\overset{|}{C}}-CH_3$	$CH_3-\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}-CH_3$
ইথান্যালের ইনল গঠন	ইথান্যালের অ্যালডো গঠন	প্রোপানোনের ইনল গঠন	প্রোপানোনের কিটো গঠন

অ্যালডিহাইড ও কিটোনের এ ধরনের ইনল এবং কিটো গঠনকে পৃথক করা যায় না।

অ্যাসিটোঅ্যাসিটিক এস্টার এর টটোমার সমাণুক দুটি–

$CH_3-\overset{\displaystyle OH}{\overset{|}{C}}=CH-COOC_2H_5$ ⋯⋯ $CH_3-\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}-CH_2-COOC_2H_5$

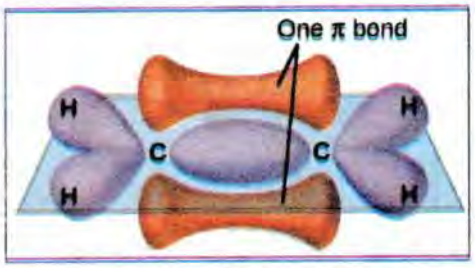
(ইনল গঠন) (কিটো গঠন)

খ. স্টেরিও সমাণুতা (Streo isomerism) :

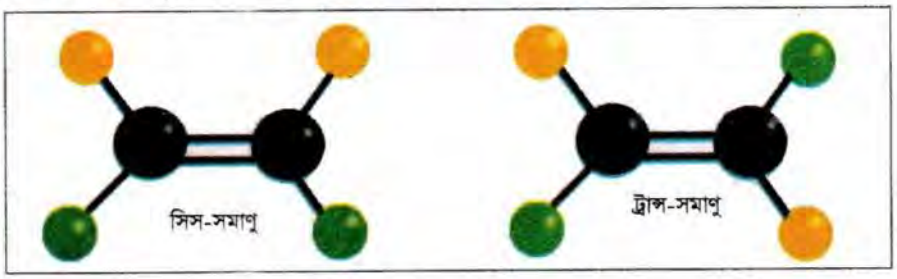
একই আণবিক সংকেত ও একই গাঠনিক সংকেতবিশিষ্ট কিছু সমাণু যৌগের অণুস্থিত বিভিন্ন পরমাণু ও মূলকের ত্রিমাত্রিক অবস্থান বিন্যাসের ভিন্নতার কারণে এদের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের পার্থক্য পরিলক্ষিত হয়, এসব যৌগকে স্টেরিও সমাণু এবং এদের এ ধর্মকে স্টেরিও সমাণুতা বলে। বস্তুতপক্ষে রসায়নের একটি বিশেষ শাখা যেখানে বস্তুর ধর্ম এদের ত্রিমাত্রিক গঠনের উপর আলোচিত হয় রসায়নের সে শাখাকে স্টেরিও রসায়ন বলা হয়ে থাকে। স্টেরিও রসায়নের বিশেষ পঠিত বিষয় হলো স্টেরিও সমাণুতা। স্টেরিও সমাণুতা দু'প্রকার। যথা– ১.জ্যামিতিক সমাণুতা বা সিস্-ট্রান্স সমাণুতা ও ২. আলোক সক্রিয় সমাণুতা।

১. **জ্যামিতিক সমাণুতা বা সিস্-ট্রান্স সমাণুতা :** একই আণবিক সংকেত ও গাঠনিক সংকেতবিশিষ্ট কোনো জৈব যৌগের অণুতে কার্বন-কার্বন বন্ধনের অক্ষ বরাবর মুক্ত আবর্তন সম্ভব না হলে দুটি ভিন্ন কনফিগ্যারেশন বা জ্যামিতিক গাঠনিক বিন্যাসযুক্ত দুধরনের যৌগ অণুর সৃষ্টি হয়, তাদেরকে পরস্পরের জ্যামিতিক সমাণু এবং যৌগের এ ধরনের ধর্মকে জ্যামিতিক সমাণুতা বলা হয়ে থাকে।

এ ধরনের সমাণুতা যৌগের অণুতে কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনের উপস্থিতি অথবা যৌগ যদি চাক্রিক হয় তবেই পরিলক্ষিত হয়। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় অ্যালকিনের মধ্যে কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনে অংশগ্রহণকারী কার্বন পরমাণু দুটির মধ্যকার বন্ধনের মুক্ত ঘূর্ণন সম্ভব নয়। কারণ হিসেবে বলা যায় কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনে আবদ্ধ উভয় কার্বন পরমাণু sp^2 সংকরায়ন ঘটে। sp^2 সংকরিত অরবিটালের প্রভাবে অ্যালকিনের এ বন্ধনে আবদ্ধ পরমাণু তিনটি একই সমতলে অবস্থান করলেও কার্বন পরমাণুর অসংকরিত $2p_z$ অরবিটাল উক্ত সমতলের সমকোণে অবস্থান করে। দুটি কার্বন পরমাণুর দুটি p_z অরবিটাল কিন্তু একই সমতলে ও সমান্তরালভাবে অবস্থান করায় পাশাপাশিভাবে অধিক্রমণের ফলে π বন্ধন সৃষ্টি করে থাকে।



চিত্র ২.৫ : অ্যালকিনে সিগমা ও পাই বন্ধনের তল

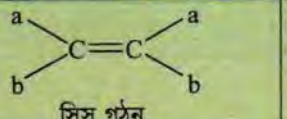


চিত্র ২.৬ : সিস ও ট্রান্স সমাণু

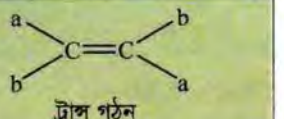
এভাবে দ্বিবন্ধন দ্বারা আবদ্ধ কার্বন পরমাণু দুটির মধ্যকার মুক্ত ঘূর্ণন সম্ভব নয়। কারণ π বন্ধনে অংশগ্রহণকারী ইলেকট্রন মেঘ ঘূর্ণনের সময় প্রতিবন্ধকতার সৃষ্টি করে থাকে। এভাবে কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন ($>C=C<$) যুক্ত অণুর ঘূর্ণনের প্রতিবন্ধকতার কারণে কার্বন পরমাণু দুটিতে সংযুক্ত পরমাণু বা গ্রুপ দুটি হয়। দ্বিবন্ধনে অংশগ্রহণকারী কার্বন পরমাণুদ্বয়ের একই পার্শ্বে অথবা কার্বন পরমাণুদ্বয়ের বিপরীত পাশে অবস্থান করে থাকে।

দ্বিবন্ধনে যুক্ত কার্বনে সংযুক্ত অভিন্ন পরমাণু বা গ্রুপগুলো একই পাশে অবস্থান করলে তাকে সিস্-সমাণু এবং অভিন্ন পরমাণু বা গ্রুপগুলো বিপরীত পাশে অবস্থান করলে তাকে ট্রান্স সমাণু বলে। দ্বিবন্ধনযুক্ত যৌগের কাঠামো অর্থাৎ অ্যালকিন বা প্রতিস্থাপিত অ্যালকিনের জ্যামিতিক সমাণুর দুটি সাধারণ সংকেত (ক) Cab = Cab অথবা (খ) Cab = Cad এর গঠন কাঠামোর অনুরূপ হলেই কেবল সিস্-ট্রান্স সমাণু প্রদর্শিত হয়।

(ক) Cab = Cab এর ক্ষেত্রে :

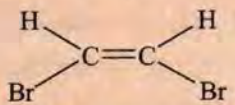


সিস্ গঠন

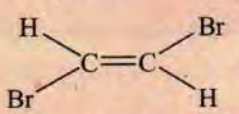


ট্রান্স গঠন

উদাহরণ ১ : 1, 2-ডাইব্রোমোইথিন ($\overset{1}{CHBr}=\overset{2}{CHBr}$) এর সমাণু দুটি হলো–

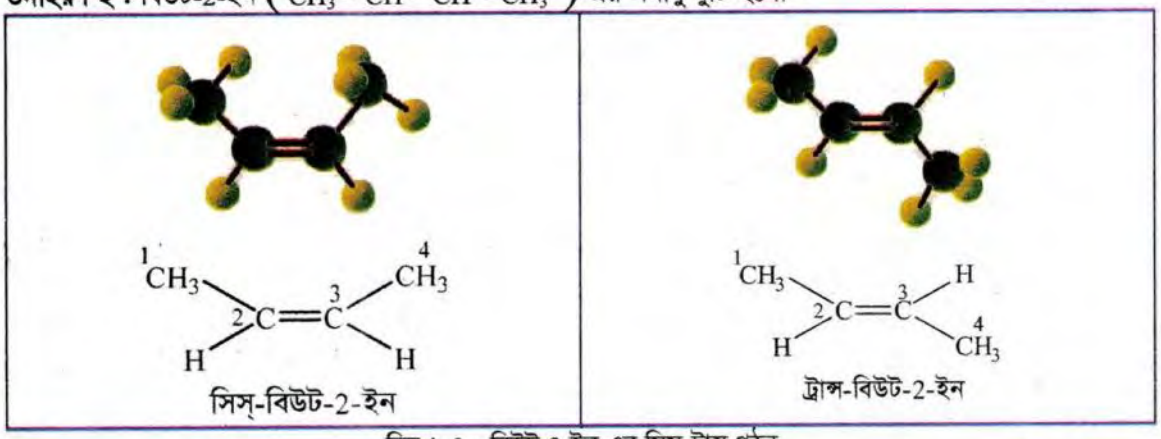


সিস্-1, 2-ডাইব্রোমোইথিন



ট্রান্স-1, 2-ডাইব্রোমোইথিন

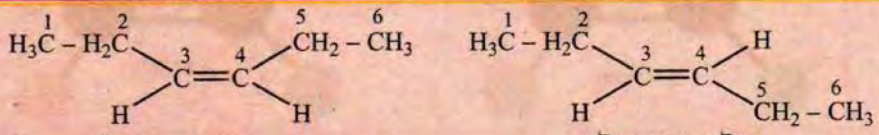
উদাহরণ ২ : বিউট-2-ইন $\left(\overset{1}{CH_3} - \overset{2}{CH} = \overset{3}{CH} - \overset{4}{CH_3}\right)$ এর সমাণু দুটি হলো–



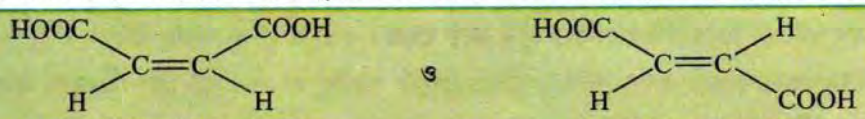
চিত্র ২.৭ : বিউট-2-ইন এর সিস্-ট্রান্স গঠন

উদাহরণ ৩ : $\overset{1}{CH_3} - \overset{2}{CH_2} - \overset{3}{CH} = \overset{4}{CH} - \overset{5}{CH_2} - \overset{6}{CH_3}$

হেক্স-3-ইন

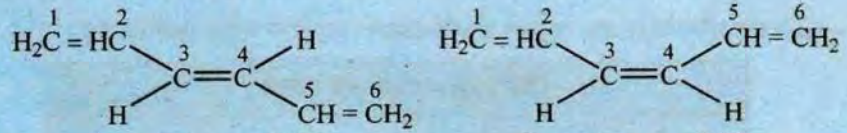


উদাহরণ ৪ : বিউট-2-ইন ডাইঅয়িক এসিড (HOOC – CH = CH– COOH) এর সমাণু দুটি হলো–



উদাহরণ ৫ : $\overset{1}{CH_2} = \overset{2}{CH} - \overset{3}{CH} = \overset{4}{CH} - \overset{5}{CH} = \overset{6}{CH_2}$

হেক্স-1, 3, 6-ট্রাইইন



চিন্তা করে উত্তর দাও – ২.১৬ :

১. 1, 2-ডাইক্লোরোইথিন (CHCl = CHCl) সিস্-ট্রান্স সমাণু প্রদর্শন করলেও 1,1–ডাইক্লোরোইথিন ($CH_2 = CCl_2$) সিস্-ট্রান্স সমাণুতা প্রদর্শন করে না কেন?

২. ইথিন ($CH_2 = CH_2$) অণুতে কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনের উপস্থিতি দেখা যায়। এটি কি সিস্-ট্রান্স সমাণুতা প্রদর্শন করবে?

৩. পেন্ট-2-ইন ($CH_3 - CH = CH - CH_2 - CH_3$) ও ক্রোটনিক এসিড ($CH_3 - CH = CH - COOH$) এর সিস-ট্রান্স সমাণুতা কি সম্ভব?

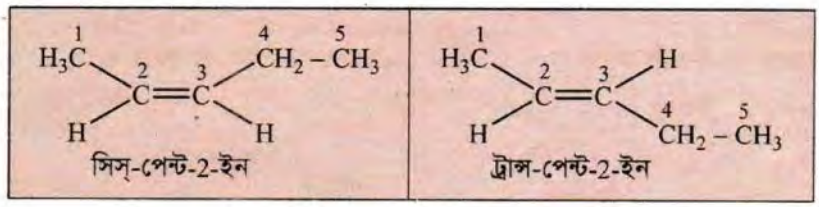
৪. $(CH_3)_2C = CH_2$, $CH_3 - CBr = CHCl$, $(CH_3)_2C = CCl_2$, $CH_2 = C(OH)Cl$ এর মধ্যে কোন যৌগটি সিস-ট্রান্স সমাণুতা প্রদর্শন করবে?

৫. প্রোপিন ($CH_3 - CH = CH_2$) ও বিউট-1-ইন ($CH_3 - CH_2 - CH = CH_2$) কোনটিই সিস-ট্রান্স সমাণুতা প্রদর্শন করে না কেন?

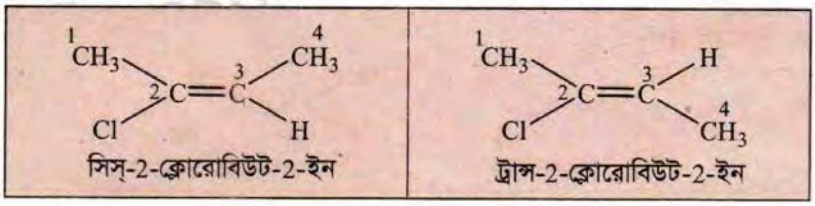
(খ) Cab = Cad এর ক্ষেত্রে :



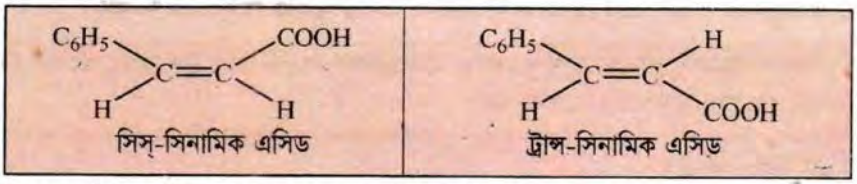
উদাহরণ ১ : $\overset{1}{CH_3} - \overset{2}{CH} = \overset{3}{CH} - \overset{4}{CH_2} - \overset{5}{CH_3}$
পেন্ট-2-ইন



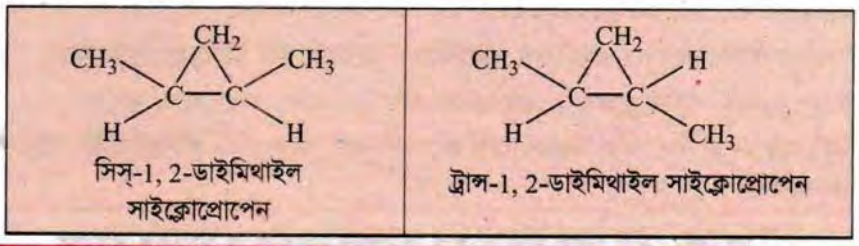
উদাহরণ ২ : 2-ক্লোরোবিউট-2-ইন $(\overset{1}{CH_3}-\overset{2}{\underset{Cl}{C}}=\overset{3}{CH}-\overset{4}{CH_3})$ এর ক্ষেত্রে সম্ভাব্য সমাণুকের সংখ্যা ২টি হলো–



উদাহরণ-3 : $C_6H_5 - CH = CH - COOH$ (সিনামিক এসিড)

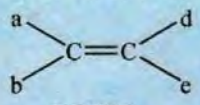


চাক্রিক যৌগের ক্ষেত্রে : চাক্রিক যৌগের ক্ষেত্রে চাক্রিক কাঠামোতে পরমাণু বা মূলকগুলো একই পাশে থাকলে সিস্ এবং বিপরীত পাশে থাকলে ট্রান্স সমাণুর সৃষ্টি হয়। যেমন 1, 2-ডাই মিথাইল সাইক্লোপ্রোপেন এর দু'টি সমাণু সম্ভব। একটি সিস্–1, 2-ডাই মিথাইল সাইক্লোপ্রোপেন এবং অপরটি ট্রান্স–1, 2-ডাই মিথাইল সাইক্লোপ্রোপেন।



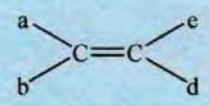
মনে রাখবে : কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনে আবদ্ধ কার্বন পরমাণুদ্বয়ের সাথে যুক্ত চারটি গ্রুপ যদি পরস্পর থেকে সম্পূর্ণ ভিন্ন হয় অর্থাৎ Cab = Cde হয় তবে এদের আণবিক সংকেত দ্বারা সৃষ্ট সমাণুককে সিস্-ট্রান্স সমাণুক হিসেবে চিহ্নিত করা হয় না। এদের সমাণুককে প্রকাশের ক্ষেত্রে IUPAC নতুন একটি পদ্ধতির স্বীকৃতি দিয়েছে। এ পদ্ধতির নাম E – Z পদ্ধতি।
জার্মান শব্দ "Entgegen" থেকে E – প্রতীক এবং জার্মান শব্দ "Zusammen" থেকে Z প্রতীক চিহ্নটি গ্রহণ করা হয়েছে। Entgegen

অর্থাৎ বিপরীত এবং Zusammen অর্থ এক সাথে। যদি Cab = Cde যৌগটির ক্ষেত্রে ক্রমনির্ধারণ নিয়মানুসারে a > b এবং d > e হয়, তবে জ্যামিতিক সমাণুক দুটিকে Z এবং E সমাণুক হিসেবে চিহ্নিত করা হয়।



Z-সমাণুক

অগ্রাধিকার মূলক a ও d দ্বিবন্ধনের একই দিকে



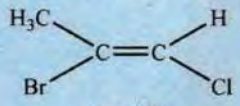
E-সমাণুক

অগ্রাধিকার মূলক a ও d দ্বিবন্ধনের বিপরীত দিকে

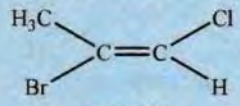
উদাহরণস্বরূপ :

১। $\overset{3}{CH_3} - \overset{2}{CBr} = \overset{1}{CHCl}$

2-ব্রোমো-1-ক্লোরোপ্রোপ-1-ইন এর ক্ষেত্রে :



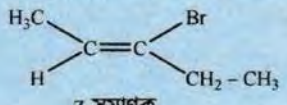
Z-সমাণুক



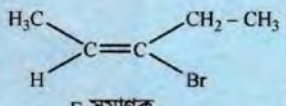
E-সমাণুক

২। $\overset{1}{CH_3} - \overset{2}{CH} = \overset{3}{CBr} - \overset{4}{CH_2} - \overset{5}{CH_3}$

3-ব্রোমোপেন্ট-2-ইন এর ক্ষেত্রে :

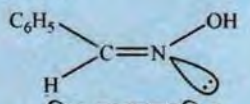


Z-সমাণুক

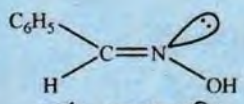


E-সমাণুক

আবার অক্সিম ও ডায়াজো প্রভৃতি যৌগের অণুতে $>C = N -$ ও $- N = N -$ দ্বিবন্ধন বর্তমান থাকায় এ জাতীয় যৌগের অণুতেও জ্যামিতিক সমাণুতা লক্ষ করা যায়। তবে এসব যৌগের ক্ষেত্রে সিস্ ও ট্রান্সের পরিবর্তে যথাক্রমে সিন্ (Syn) ও অ্যান্টি (anti) এ শব্দ দুটি ব্যবহার করা হয়। উদাহরণস্বরূপ :



সিন্ বেনজালডক্সিম



অ্যান্টি বেনজালডক্সিম

জ্যামিতিক সমাণুদ্বয়ের সাধারণ ধর্ম : জ্যামিতিক সমাণুতার ক্ষেত্রে শুধু এরা যে ভিন্ন গঠন কাঠামো যুক্ত যৌগ হয় তাই নয় এদের জ্যামিতিক গঠনের ভিন্নতার সাথে সাথে ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের অনেক পার্থক্য দেখা যায়।

মনে রাখবে : সিস্ সমাণুকের স্ফুটনাঙ্ক, দ্রাব্যতা, ঘনত্ব, হাইড্রোজেন সংযুক্তি তাপ ট্রান্স সমাণু অপেক্ষা বেশি। কিন্তু সিস্ সমাণুকের গলনাঙ্ক ও স্থায়িত্ব ট্রান্স সমাণু অপেক্ষা কম।

চিন্তা করে উত্তর দাও – ২.১৭ :

১. সিস্ সমাণুতার গলনাংক অপেক্ষা ট্রান্স সমাণুতার গলনাংক বেশি কেন? সিস্-বিউটডাইঅয়িক এসিডের গলনাংক 135 °C কিন্তু ট্রান্স–বিউটডাইঅয়িক এসিডের গলনাংক 287°C কেন?

২. সিস্ সমাণুর স্থায়িত্ব ট্রান্স সমাণুর স্থায়িত্ব অপেক্ষা অপেক্ষাকৃত কম কেন?

৩. সিস্ সমাণুকের অভ্যন্তরীণ শক্তি ট্রান্স সমাণুকের অভ্যন্তরীণ শক্তি অপেক্ষা বেশি কেন?

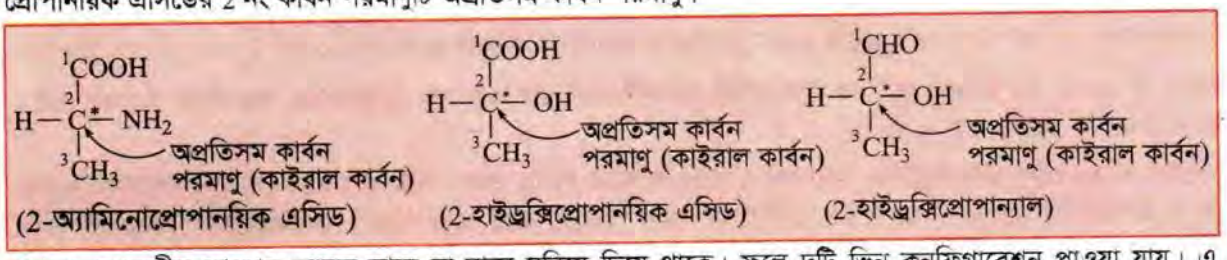
৪. সিস্ বিউট-2-ইন ও ট্রান্স বিউট-2-ইন এর মধ্যে কোন সমাণুটিকে দহন করলে তুমি অধিক তাপশক্তি পাবে?

৫. ট্রান্স সমাণুর চেয়ে সিস্ সমাণুক যৌগের দ্রাব্যতা ও প্রতিসরাংক বেশি হয়ে থাকে– কারণ ব্যাখ্যা কর।

৬. ডাই কার্বক্সিলিক এসিডের ক্ষেত্রে সিস্ সমাণু সহজেই এক অণু পানি ত্যাগ করে এসিড অ্যানহাইড্রাইড যৌগ গঠন করে, ট্রান্স সমাণুকের পক্ষে তা সম্ভব হয় না কেন?

২. আলোক সমাণুতা : বেশ কিছু জৈব যৌগ দেখা যায় যাদের আণবিক সংকেত ও গাঠনিক সংকেত একই কিন্তু দুই বা ততোধিক ভিন্ন কনফিগারেশন যুক্ত ভিন্ন সমাণু সম্ভব। এসব সমাণুর ক্ষেত্রে যৌগের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম একই থাকে তবে "আলোক সক্রিয়তা" ভিন্ন হয়। এরা এক সমতলীয় আলোর প্রতি ভিন্নরূপ আচরণ করে থাকে। ফলে এরা দর্পণ প্রতিবিম্ব হয়। এসব সমাণুকে আলোক সক্রিয়তার ওপর ভিত্তি করে পৃথক করা হয় বলে এদেরকে আলোক সক্রিয় সমাণু বলা হয়ে থাকে।

সাধারণভাবে যৌগের অণুতে অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুর উপস্থিতি থাকলে অণুটি আলোক সক্রিয় হয়। জৈব যৌগের অণুর ক্ষেত্রে কোনো অণুতে কার্বন পরমাণুর সাথে চারটি পরস্পর সম্পূর্ণ ভিন্ন একযোজী পরমাণু বা মূলক যুক্ত থাকলে ঐ কার্বনকে অপ্রতিসম কার্বন বা কাইরাল কার্বন বলা হয়ে থাকে। যেমন C*abde যৌগের ক্ষেত্রে C* একটি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু। কারণ এ কার্বন পরমাণুর সাথে যুক্ত চারটি গ্রুপই পরস্পর ভিন্ন। অর্থাৎ $a \neq b \neq d \neq e$. কোনো যৌগের অণুর অপ্রতিসম কার্বনকে তারকা চিহ্ন (*) দ্বারা প্রকাশ করা হয়। একে কাইরাল কার্বন বলে। উদাহরণস্বরূপ, 2-অ্যামিনো প্রোপানয়িক এসিডের 2 নং কার্বন পরমাণুটি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু।



(2-অ্যামিনোপ্রোপানয়িক এসিড) (2-হাইড্রক্সিপ্রোপানয়িক এসিড) (2-হাইড্রক্সিপ্রোপান্যাল)

এরা একসমতলীয় আলোর তলকে ডানে বা বামে ঘুরিয়ে দিয়ে থাকে। ফলে দুটি ভিন্ন কনফিগারেশন পাওয়া যায়। এ কনফিগারেশন দুটি পরস্পর পরস্পরের প্রতিবিম্ব এবং এক কনফিগারেশন অপর কনফিগারেশনের উপর উপস্থাপনীয় নয়। এদেরকে পরস্পরের আলোক সমাণু বলা হয়ে থাকে। এক সমতলীয় আলোর প্রতি এসব যৌগের প্রতিক্রিয়াকে আলোক সমাণুতা বলে। আলোক সমাণুগুলোর মধ্যে নিচের বৈশিষ্ট্য দেখা যায়।

১. অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু বা কাইরাল কেন্দ্র বর্তমান থাকে।

২. উভয় সমাণুর কনফিগারেশন পরস্পরের দর্পণ প্রতিবিম্ব হয়।

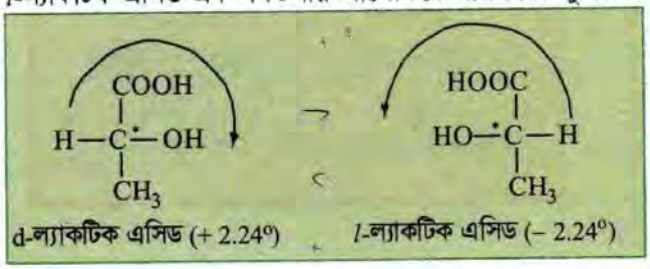
৩. উভয় কনফিগারেশন পরস্পরের অসমপতিত হয়।

৪. এক সমতলীয় আলোর তলকে ডানে বা বামে ঘুরিয়ে থাকে। অর্থাৎ আলোক সক্রিয় হয়।

যৌগের আলোক সক্রিয়তা সম্পর্কে ধারণা লাভ করতে হলে 'এক সমতলীয় আলো এবং একবর্ণী আলো' বা এ বিষয়ে ধারণা থাকা প্রয়োজন। একটি মাত্র তরঙ্গ দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট আলোক রশ্মিই 'একবর্ণী আলো'। সোডিয়াম বাতি থেকে বিচ্ছুরিত আলো একবর্ণী আলো। সাধারণ দৃশ্যমান আলো হলো কতকগুলো তড়িৎ চুম্বকীয় তরঙ্গমালা। অসংখ্য সমতলে লম্বভাবে স্পন্দিত একবর্ণী আলোকে উপযুক্ত ছাঁকনির ভেতর দিয়ে প্রতিসরিত করলে আলোক রশ্মি এক সমতলে লম্বভাবে স্পন্দিত আলোক রশ্মি হিসেবে বেরিয়ে আসে। এরূপ এক সমতলে স্পন্দিত আলোই 'এক সমতলীয় আলো'। এক্ষেত্রে ছাঁকনি হিসেবে নিকল প্রিজম ব্যবহার করা যায়। নিকল প্রিজম এর মধ্য দিয়ে একবর্ণী সোডিয়াম আলো প্রতিসরণের পর এক সমতলীয় আলো পাওয়া যায়। পূর্বেই জেনেছ আলোক সক্রিয় যৌগ এক সমতলীয় আলোর পথকে পরিবর্তন করে থাকে। পোলারিমিটারের সাহায্যে আলোর পথের এ পরিবর্তন অর্থাৎ ঘূর্ণনের মানকে পরিমাপ করা যায়।

ডানাবর্ত ও বামাবর্ত ঘূর্ণন : আলোক সক্রিয় যৌগ যদি এক সমতলীয় আলোকে তার গতিপথ থেকে ডান দিকে ঘুরিয়ে দেয় তাদেরকে ডানাবর্ত ঘূর্ণন যুক্ত যৌগ বলে। এ জাতীয় যৌগের নামের পূর্বে d–প্রতীক এবং ঘূর্ণনের মানের পূর্বে + চিহ্ন ব্যবহার করা হয়। যেমন, d গ্লুকোজ এক সমতলীয় আলোক রশ্মিকে ডান দিকে ঘুরিয়ে থাকে এবং ঘূর্ণনের মান + 52.3°। d ল্যাকটিক এসিড এক সমতলীয় আলোককে ডান দিকে ঘুরিয়ে দেয় এবং এর ঘূর্ণনের মান + 2.24°.

আলোক সক্রিয় যৌগ যদি এক সমতলীয় আলোকে তার গতিপথ থেকে বামদিকে ঘুরিয়ে দেয় তাদেরকে বামাবর্ত ঘূর্ণন যুক্ত যৌগ বলে। এ জাতীয় যৌগের নামের পূর্বে *l* প্রতীক এবং ঘূর্ণনের মানের পূর্বে – চিহ্ন ব্যবহার করা হয়। যেমন, *l*-ল্যাকটিক এসিড এক সমতলীয় আলোককে বাম দিকে ঘুরিয়ে দেয় এবং এর ঘূর্ণনের মান –2.24°।



d-ল্যাকটিক এসিড (+ 2.24°) *l*-ল্যাকটিক এসিড (– 2.24°)

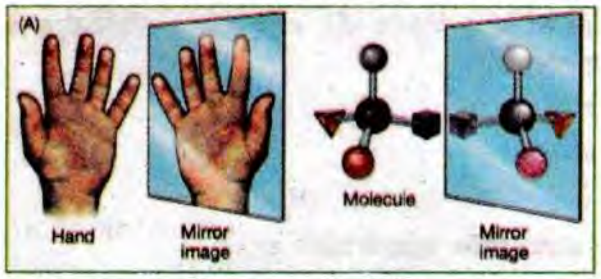
পোলারিমিটারনলে রক্ষিত আলোক সক্রিয় যৌগের প্রতি ঘন সেন্টিমিটার দ্রবণে এক গ্রাম 'ঘনমাত্রা' থাকলে, ঐ দ্রবণের মধ্য দিয়ে এক সমতলীয় আলো এক ডেসিমিটার দৈর্ঘ্য প্রতিসরিত হওয়ার সময় যে পরিমাণ ঘূর্ণনের সৃষ্টি করে, ঐ পরিমাণ ঘূর্ণনই ঐ আলোক সক্রিয় যৌগের আপেক্ষিক ঘূর্ণন।

যদি t °C তাপমাত্রার কোনো আলোক সক্রিয় যৌগের 'c' ঘনমাত্রার দ্রবণের দৈর্ঘ্য *l* ডেসিমিটার দূরত্ব D-তরঙ্গের একবর্ণী সোডিয়াম আলোর প্রতিসরণকালে ঐ আলোক সক্রিয় যৌগ কর্তৃক এক সমতলীয় আলোর তলের ঘূর্ণনের পরিমাণ 'a' হয় তবে ঐ আলোক সক্রিয় যৌগের আপেক্ষিক আবর্তন, $[\alpha]$ কে প্রকাশ করা হয়–

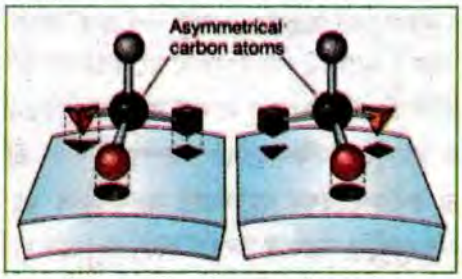
$$\text{আপেক্ষিক আবর্তন, } [\alpha]_D^{t°C} = \frac{\alpha}{l \times c} \quad \text{অর্থাৎ আপেক্ষিক আবর্তন} = \frac{\text{পরিলক্ষিত আবর্তন}}{\text{দ্রবণটির দৈর্ঘ্য(dm)} \times \text{দ্রবণে ঘনমাত্রা (g mL}^{-1})}$$

উদাহরণস্বরূপ 25 °C তাপমাত্রার জলীয় দ্রবণে গ্লুকোজের আপেক্ষিক আবর্তন + 52.3° বা, $[\alpha]_D^{t°} = +52.3°$। এর অর্থ দাঁড়ায় ঐ 25 °C তাপমাত্রায়, D-তরঙ্গ দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট একবর্ণী সোডিয়াম আলোতে গ্লুকোজ এর আপেক্ষিক আবর্তন জলীয় দ্রবণে ডানাবর্তী এবং এ মান + 52.3°.

আলোক সক্রিয় যৌগ এক সমতলীয় আলোককে ডানে বা বামে ঘুরিয়ে দেয়। ফলে এ ক্ষেত্রে দুটি কনফিগারেশন পাওয়া যায়। এ কনফিগারেশনদ্বয় পরস্পরের প্রতিবিম্বের ন্যায় আচরণ করে এবং একটি কনফিগারেশন অপরটির ওপর অসমপতিত হয়। এ কনফিগারেশনদ্বয় আমাদের বাম হাত ও ডান হাতের বিন্যাস গঠনের মতো। বাম হাত ও ডান হাতের আঙ্গুলগুলো পরস্পরের উপস্থাপনীয় হয় না অর্থাৎ অসমপতিত হয়। হাত দুটি একে অপরের দর্পণ প্রতিবিম্ব।

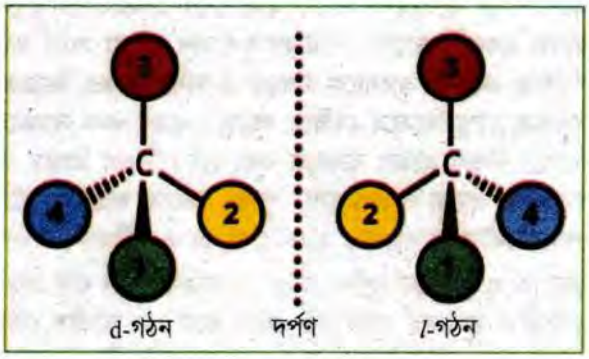


চিত্র ২.৮ : দর্পণ প্রতিবিম্ব



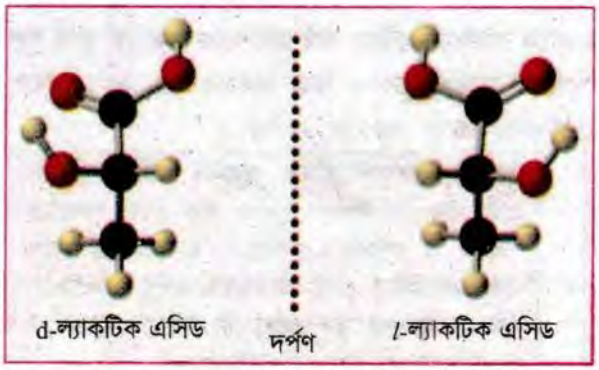
চিত্র ২.৯ : অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু

যদি কোনো আলোক সক্রিয় যৌগের অণুতে একটি মান অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুর উপস্থিতি থাকে তবে ঐ যৌগের অর্থাৎ কনফিগারেশন হয় মাত্র দুটি। একটি d গঠন এবং অপরটি এর দর্পণ প্রতিবিম্ব *l* গঠন। অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট C1234 যৌগের ক্ষেত্রে d গঠন ও *l* গঠন পাশের চিত্রে দেখানো হলো।

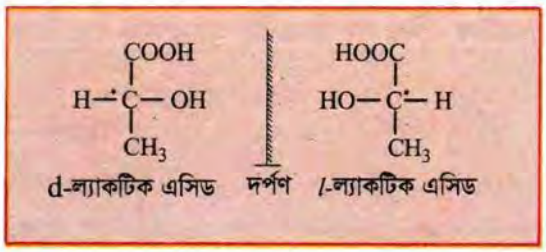


চিত্র ২.১০ : এনানসিওমার

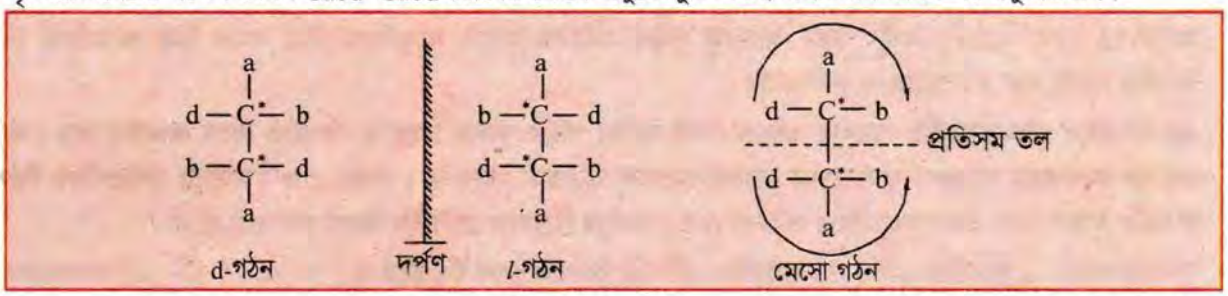
উদাহরণস্বরূপ 2–হাইড্রোক্সিপ্রোপানয়িক এসিড বা ল্যাকটিক এসিড অণুতে একটি মাত্র অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু বর্তমান থাকায় এর সম্ভাব্য আলোক সক্রিয় সমাণুকের সংখ্যা মাত্র দুটি, একটি d ল্যাকটিক এসিড অপরটি *l* ল্যাকটিক এসিড।



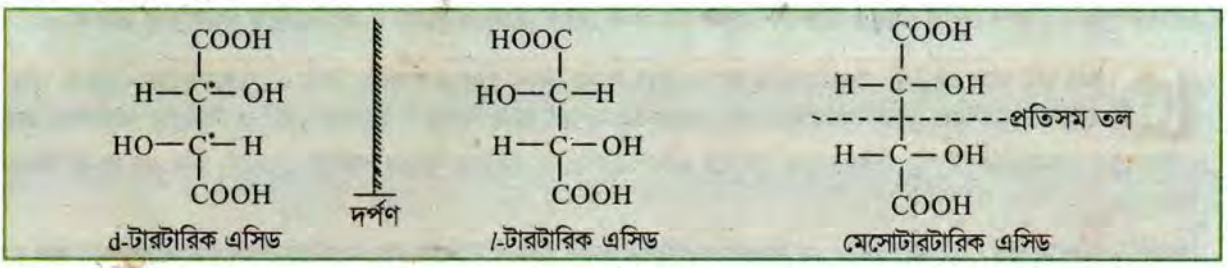
চিত্র ২.১১ : ল্যাকটিক এসিড দর্পণ প্রতিবিম্ব



তাহলে 2–অ্যামিনো প্রোপানয়িক এসিড ($\overset{3}{CH_3}-\overset{2}{CH(NH_2)}-\overset{1}{COOH}$), 2–হাইড্রোক্সি প্রোপান্যাল ($\overset{3}{CH_3}-\overset{2}{CH(OH)}-\overset{1}{CHO}$), বিউট-2-নল ($\overset{4}{CH_3}-\overset{3}{CH_2}-\overset{2}{CH(OH)}-\overset{1}{CH_3}$) প্রভৃতি আলোক সক্রিয় যৌগের সম্ভাব্য সমাণুকের সংখ্যা হবে মাত্র দুটি। যদি কোনো আলোক সক্রিয় যৌগের অণুতে দুটি একই অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু বর্তমান থাকে তবে ঐ যৌগ দ্বারা সম্ভাব্য আলোক সক্রিয় সমাণুকের সংখ্যা তিনটি। একটি d গঠন, একটি l গঠন এবং তৃতীয়টি মেসো গঠন। যেমন Cabd–Cabd যৌগের ক্ষেত্রে অণুতে দুটি একই অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু বর্তমান।



উদাহরণস্বরূপ টারটারিক এসিড, $HOOC-(CHOH)_2-COOH$ অণুতে দুটি একই অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু বর্তমান থাকায় সম্ভাব্য সমাণুকের সংখ্যা তিনটি–



দুটি একই অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুবিশিষ্ট যৌগের ক্ষেত্রে এমন একটি আলোক নিষ্ক্রিয় সমাণু পাওয়া যায়, যার অণুর মধ্যে প্রতিসম তল বর্তমান। এ প্রতিসম তলের উপরের অর্ধাংশের আলোর আবর্তন বা ঘূর্ণনের মান এবং নিচের অর্ধাংশের আলোর ঘূর্ণনের মান এক কিন্তু দিক সম্পূর্ণ বিপরীত। ফলে এক সমতলীয় আলোর সামগ্রিক আবর্তনের মান শূন্য হয়ে যায়। এ জাতীয় গঠনই মেসো গঠন। যেমন মেসো টারটারিক এসিড।

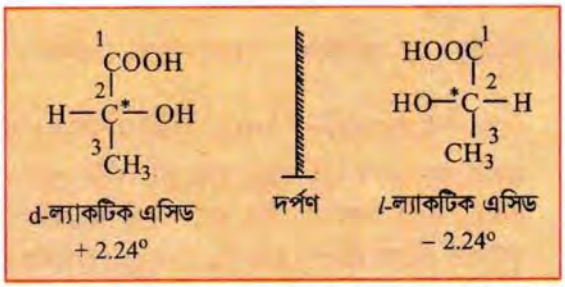
দুই বা ততোধিক ত্রিমাত্রিক সমাণুকগুলো যখন একে অপরের সাথে দর্পণ প্রতিবিম্ব নয় তখন তাদেরকে ডায়াস্টিরিও আইসোমার বলা হয়। মেসো টারটারিক এসিড এবং আলোক সক্রিয় টারটারিক এসিড ডায়াস্টিরিও আইসোমার। কারণ এরা পরস্পরের দর্পণ প্রতিবিম্ব নয়।



সুতরাং উপরোল্লিখিত গঠনদ্বয় ডায়াস্টেরিও আইসোমার।

আবার যে আলোক সমাণুদ্বয় এক সমতলীয় আলোর তলকে একই আবর্তন কোণে পরস্পর বিপরীত দিকে আবর্তন করে এবং তাদের সমমোলার মিশ্রণের আবর্তন মাত্রা প্রশমিত হয়ে শূন্য হয়ে যায় তাদেরকে পরস্পরের **এনানসিওমার** বলা হয়ে থাকে। এনানসিওমার যৌগের ক্ষেত্রে এর দর্পণ প্রতিবিম্ব পরস্পর সমপতিত হয় না।

দুটি এনানসিওমার সমাণুর ভৌত ধর্ম ও রাসায়নিক ধর্ম অভিন্ন থাকে। এমনকি অণুর আলোর আবর্তনের মাত্রাও সমান কিন্তু আবর্তনের দিক সম্পূর্ণ বিপরীত হয়ে থাকে। যেমন, d-ল্যাকটিক এসিড ও *l*-ল্যাকটিক এসিড হলো পরস্পর দুটি এনানসিওমার। 25°C তাপমাত্রার d ল্যাকটিক এসিডের আপেক্ষিক আবর্তনের মাত্রা + 2.24° এবং একই তাপমাত্রায় *l* ল্যাকটিক এসিডের আপেক্ষিক আবর্তনের মাত্রা −2.24°. অর্থাৎ উভয় আলোক সক্রিয় যৌগের অণুতে আবর্তনের মাত্রা সমান কিন্তু আবর্তনের দিক বিপরীত। তাই এরা পরস্পরের এনানসিওমার।



এনানসিওমার এক সমতলীয় আলোর তলকে একই মাত্রায় ঘড়ির কাঁটার দিকে ও বিপরীত দিকে আবর্তন করে। তাই এনানসিওমারদ্বয়ের সমআণবিক মিশ্রণের কোনো আলোক সক্রিয়তা থাকে না। অর্থাৎ d ও *l* সমাণুর সমআণবিক মিশ্রণ আলোক নিষ্ক্রিয় হয়। এরূপ সমমোলার পরিমাণ d ও *l* সমাণুর মিশ্রণকে **রেসিমিক মিশ্রণ** বলা হয়ে থাকে।

উদাহরণস্বরূপ : d ল্যাকটিক এসিড ও *l* ল্যাকটিক এসিডের আবর্তন কোণ যথাক্রমে + 2.24° ও − 2.24°. এদের সমমোলার মিশ্রণের সামগ্রিক আবর্তন কোণের মান অবশ্যই শূন্য। এ মিশ্রণ একটি রেসিমিক মিশ্রণ। রেসিমিক মিশ্রণ আলোক নিষ্ক্রিয় মিশ্রণ হলেও এ মিশ্রণ হতে আলোক সক্রিয় d ও *l* কে পৃথক করা যায়। এক্ষেত্রে ব্যাকটেরিয়া জারণ পদ্ধতি একটি উল্লেখযোগ্য প্রচলিত পদ্ধতি। তবে মেসো যৌগও আলোক নিষ্ক্রিয় হলেও এ থেকে আলোক সক্রিয় d ও *l* গঠনকে পৃথক করা যায় না।

অবশ্যই মনে রাখবে : অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুর সংখ্যা থেকে সমাণুতার সংখ্যা নির্ণয় : যেকোনো জৈব যৌগের অণুতে উপস্থিত অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুর সংখ্যা থেকে সম্ভাব্য সমাণুতার সংখ্যা নির্ণয় করা যায়। এ উদ্দেশ্যে অপ্রতিসম কার্বন পরমাণুযুক্ত অণুসমূহকে তিনটি শ্রেণিতে ভাগ করা হয় এবং শর্তসাপেক্ষে আলোক সক্রিয় সমাণুক ও মেসো গঠন এর সংখ্যা নির্ধারণ করা হয়।

শর্ত-১ : অণুর প্রকৃতি : যৌগের অণুতে 'n' সংখ্যক অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু বর্তমান এবং অণুটিকে এমন দুটি অংশে ভাগ করা যায় না যাতে করে একটি অংশ অপর অংশের দর্পণ প্রতিবিম্ব হয়।

আলোক সক্রিয় সমাণুতা : আলোক সক্রিয় সমাণুতার সংখ্যা 2^n.

মেসো গঠন : এক্ষেত্রে কোনো মোসো গঠন সম্ভব হয় না।

উদাহরণ–১. $CH_3—CH(NH_2)—COOH$ এ যৌগটিতে 1টি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু বর্তমান। এর আলোক সক্রিয় সমাণুকের সংখ্যা, $2^n = 2^1 = 2$. এক্ষেত্রে কোনো মেসো গঠন সম্ভব নয়।

২. $\overset{4}{CH_3}—\overset{3}{CHBr}—\overset{2}{CHBr}—\overset{1}{COOH}$ (2, 3-ডাইব্রোমো বিউটানোয়িক এসিড)-এ যৌগটিতে 2টি ভিন্ন অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু বর্তমান। এর আলোক সক্রিয় সমাণুকের সংখ্যা, $2^n = 2^2 = 4$. এক্ষেত্রে কোনো মেসো গঠন সম্ভব নয়।

শর্ত-২ : অণুর প্রকৃতি : অণুটিতে n সংখ্যক অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু বর্তমান এবং অণুটিকে এমন দুটি অংশে ভাগ করা যায় যে একটি অংশ অপর অংশের দর্পণ প্রতিবিম্ব হয়।

আলোকে সক্রিয় সমাণুতা : আলোক সক্রিয় সমাণুতার সংখ্যা, $2^{(n-1)}$. এখানে n জোড় সংখ্যা।

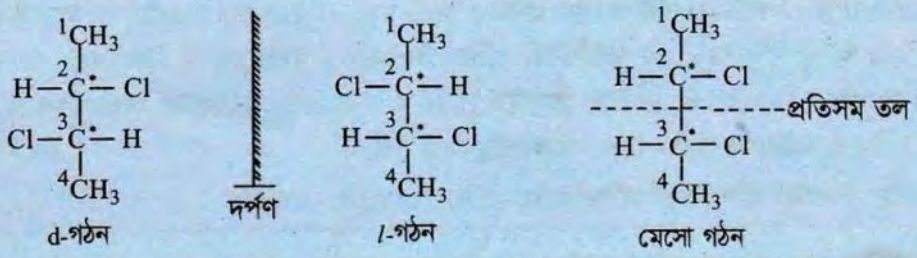
মেসো গঠন : মেসো গঠনের সংখ্যা, $2^{\left(\frac{n-2}{2}\right)}$.

উদাহরণ-১ : $\overset{1}{CH_3}—\overset{2}{CHCl}—\overset{3}{CHCl}—\overset{4}{CH_3}$ **(2, 3-ডাইক্লোরোবিউটেন) :** এ যৌগটিতে 2টি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু বর্তমান এবং অণুটিকে এভাবে ভাগ করা যায় যে একটি অংশ অপর অংশের দর্পণ প্রতিবিম্ব হয়।

আলোক সক্রিয় সমাণুতা : আলোক সক্রিয় সমাণুতার সংখ্যা, $2^{(n-1)} = 2^{2-1} = 2$

মেসো গঠন, $2^{\left(\frac{n-2}{2}\right)} = 2^{\frac{2-2}{2}} = 2^0 = 1$

2, 3-ডাইক্লোরোবিউটেন ($\overset{1}{CH_3} - \overset{2}{CHCl} - \overset{3}{CHCl} - \overset{4}{CH_3}$) যৌগের আলোক সক্রিয় সমাণুক ও মেসো গঠন নিম্নরূপ–



শর্ত-৩ : অণুর প্রকৃতি : অনুতে n সংখ্যক অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু বর্তমান এবং অণুটিকে এমনভাবে দ্বিখণ্ডিত করা যায় যে, একটি অংশ অপর অংশের উপর দর্পণ প্রতিবিম্ব হয়। এখানে n বিজোড় সংখ্যা কিন্তু 1 নয়,

অর্থাৎ n = 3, 5, 7 ..... ইত্যাদি।

আলোক সক্রিয় সমাণুতা : আলোক সক্রিয় সমাণুতার সংখ্যা, $2^{(n-1)} - 2^{\left(\frac{n-1}{2}\right)}$.

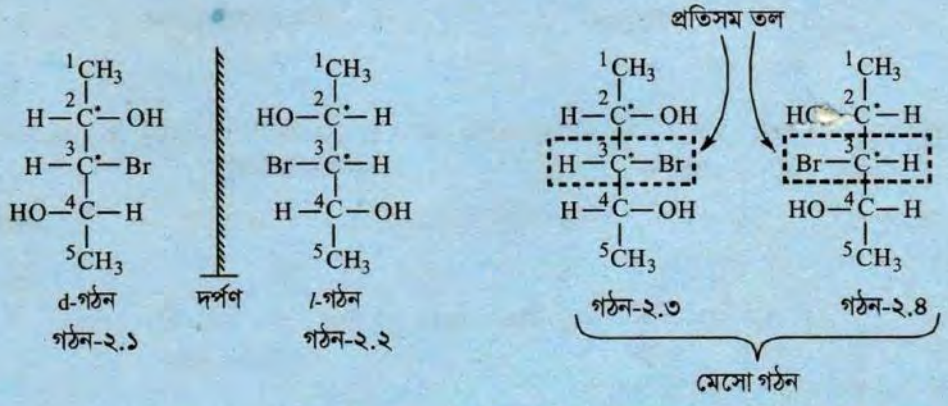
মেসো গঠন : মেসো গঠনের সংখ্যা, $2^{\left(\frac{n-1}{2}\right)}$

উদাহরণ-২ : $\overset{1}{CH_3}—\overset{2}{CH(OH)}—\overset{3}{CHCl}—\overset{4}{CH(OH)}—CH_3$ (3-ক্লোরোপেন্ট-2, 4-ডাইঅল) : এ যৌগটিতে ৩টি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু বর্তমান এবং যৌগটিকে এমন দুভাগে ভাগ করা যায় যে একটি অংশ অপর অংশের উপর দর্পণ প্রতিবিম্ব হয়।

আলোক সক্রিয় সমাণুতা : আলোক সক্রিয় সমাণুতার সংখ্যা, $2^{(3-1)} - 2^{\left(\frac{3-1}{2}\right)} = 2^2 - 2 = 4 - 2 = 2$ টি।

মেসো গঠন : মেসো গঠনের সংখ্যা, $2^{\left(\frac{3-1}{2}\right)} = 2$টি।

3-ক্লোরোপেন্ট-2, 4-ডাইঅল ($\overset{1}{CH_3} - \overset{2}{CH(OH)} - \overset{3}{CHCl} - \overset{4}{CH(OH)} - \overset{5}{CH_3}$) যৌগের সম্ভব আলোক সক্রিয় সমাণুক ও মেসো গঠন নিম্নরূপ–



একইভাবে 3-ব্রোমোপেন্ট-2, 4-ডাইঅল ($\overset{1}{CH_3} - \overset{2}{CH(OH)} - \overset{3}{CHBr} - \overset{4}{CH(OH)} - \overset{5}{CH_3}$) যৌগটিতে তিনটি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু বর্তমান এবং যৌগটিকে এমন দুই অংশে বিভক্ত করা যায় যে একটি অংশ অপর অংশের দর্পণ প্রতিবিম্ব হয়। সুতরাং এ যৌগটির আলোক সক্রিয় সমাণুকের সংখ্যা $= 2^{(3-1)} - 2^{\frac{3-1}{2}} = 4 - 2 = 2$টি এবং মেসো গঠনের সংখ্যা $2^{\frac{3-1}{2}} = 2^1 = 2$টি।

চিন্তা করে উত্তর দাও – ২.১৮ :

নিচের যৌগগুলোর মধ্যে কোনগুলো আলোক সমাণুতা প্রদর্শন করবে এবং কেন? সম্ভাব্য আলোক সমাণুকের গঠন দেখাও।

১. প্রোপেন ($CH_3 - CH_2 - CH_3$); ২. প্রোপানোয়িক এসিড ($CH_3 - CH_2 - COOH$); ৩. 2-ক্লোরো প্রোপানোয়িক এসিড ($CH_3 - CHCl - COOH$); ৪. 2-অ্যামিনো বিউটানোয়িক এসিড ($CH_3 - CH_2 - CH(NH_2)\ COOH$); ৫. ম্যালিক এসিড ($HOOC - CH(OH) - CH_2 - COOH$.); ৬. গ্লাইসিরিক এসিড ($HOOC - CH(OH) - CH_2OH$); ৭. ম্যান্ডেলিক এসিড ($C_6H_5 - CH(OH) - COOH$); ৮. বেনজাল ক্লোরাইড ($C_6H_5 - CHCl_2$); ৯. বেনজাইল অ্যালকোহল ($C_6H_5 - CH_2OH$); ১০. বিউট – 1, 2, 3, 4-ট্রেট্রাঅল [$HO - CH_2 - (CHOH)_2 - CH_2OH$].

১১. 2-হাইড্রক্সি-3-ফিনাইল প্রোপানোয়িক এসিড ($C_6H_5 - CH_2 - CH(OH) - COOH$)।

২.৭ শিক্ষার্থীর কাজ : জৈব যৌগের রাসায়নিক সংকেত থেকে এর গাঠনিক সমাণুর সংজ্ঞা ও সংকেত নির্ণয়

জৈব যৌগের মধ্যে সমাণুতা ধর্ম বিশেষভাবে বর্তমান। যেসব যৌগের আণবিক সংকেত এক কিন্তু গাঠনিক সংকেত ও ধর্মাবলি ভিন্ন তাদেরকে পরস্পর সমাণুক বলে এবং একই আণবিক সংকেতবিশিষ্ট ভিন্ন ধর্মাবলির ভিন্নতার কারণে একাধিক যৌগ গঠনের ঘটনাকে সমাণুতা বলা হয়ে থাকে।

আবার যৌগের অণুস্থিত বিভিন্ন পরমাণুর সম্ভাব্য একাধি- বস্থান বিন্যাসের পার্থক্যহেতু যে সমাণুতার সৃষ্টি হয়, একে গাঠনিক সমাণুতা বলা হয়ে থাকে। এক্ষেত্রে প্রতিটি সমাণুকের গাঠনিক সংকেত ভিন্ন হয়। গাঠনিক সমাণুতাকে পাঁচ ভাগে ভাগ করা যায়। (১) চেইন সমাণুতা, (২) অবস্থান সমাণুতা, (৩) কার্যকরী মূলক সমাণুতা, (৪) মেটামারিজম ও (৫) টটোমারিজম। একই সমগোত্রীয় শ্রেণির যৌগ বা ভিন্ন সমগোত্রীয় শ্রেণির যৌগের মধ্যে এ জাতীয় সমাণুতা পরিলক্ষিত হয়।

অ্যালকেন : আণবিক সংকেত C_nH_{2n+2} এখানে n = 1, 2, 3, 4 ইত্যাদি। n এর নিম্নমান 1, 2 ও 3 এর জন্য প্রাপ্ত আণবিক সংকেত এর একটি গাঠনিক সংকেত ভিন্ন অন্য কোনো সংকেত হয় না।

যখন, $n = 4, C_4H_{10} \rightarrow$ (1) $\overset{1}{C}H_3 - \overset{2}{C}H_2 - \overset{3}{C}H_2 - \overset{4}{C}H_3$ বিউটেন

(2) $\overset{1}{C}H_3 - \overset{2}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}}H - \overset{3}{C}H_3$ 2-মিথাইলপ্রোপেন

$n = 5, C_5H_{12} \rightarrow$ (1) $\overset{1}{C}H_3 - \overset{2}{C}H_2 - \overset{3}{C}H_2 - \overset{4}{C}H_2 - \overset{5}{C}H_3$ পেন্টেন

(2) $\overset{1}{C}H_3 - \overset{2}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}}H - \overset{3}{C}H_2 - \overset{4}{C}H_3$ 2-মিথাইলবিউটেন

(3) $\overset{1}{C}H_3 - \overset{2}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}}}} - \overset{3}{C}H_3$ 2, 2-ডাইমিথাইলপ্রোপেন

$n = 6, C_6H_{14} \rightarrow$ (1) $\overset{1}{C}H_3 - \overset{2}{C}H_2 - \overset{3}{C}H_2 - \overset{4}{C}H_2 - \overset{5}{C}H_2 - \overset{6}{C}H_3$ হেক্সেন

(2) $\overset{1}{C}H_3 - \overset{2}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}}H - \overset{3}{C}H_2 - \overset{4}{C}H_2 - \overset{5}{C}H_3$ 2-মিথাইলপেন্টেন

(3) $\overset{1}{C}H_3 - \overset{2}{C}H_2 - \overset{3}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}}H - \overset{4}{C}H_2 - \overset{5}{C}H_3$ 3-মিথাইলপেন্টেন

(4) $\overset{1}{C}H_3 - \overset{2}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}}}} - \overset{3}{C}H_2 - \overset{4}{C}H_3$ 2, 2-ডাইমিথাইলবিউটেন

(5) $\overset{1}{C}H_3 - \overset{2}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}}H - \overset{3}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}}H - \overset{4}{C}H_3$ 2, 3-ডাইমিথাইলবিউটেন

অ্যালকিন : সাধারণ সংকেত C_4H_{2n}, এখানে n = 2, 3, 4 ..... ইত্যাদি। তবে মনে রাখবে চাক্রিক অ্যালকেনের সাধারণ সংকেত অ্যালকিনের অনুরূপ। তবে এক্ষেত্রে n এর ন্যূনতম মান 3.

$n = 3, C_3H_6 \longrightarrow$ (1) $CH_3 - CH = CH_2$ প্রোপিন (2) $CH_2 < CH_2 - CH_2 >$ সাইক্লোপ্রোপেন

$n = 4, C_4H_8 \longrightarrow$ (1) $\overset{4}{C}H_3 - \overset{3}{C}H_2 - \overset{2}{C}H = \overset{1}{C}H_2$ বিউট-1-ইন (2) $\overset{1}{C}H_3 - \overset{2}{C}H = \overset{3}{C}H - \overset{4}{C}H_3$ বিউট-2-ইন (3) $CH_2(-CH_2)-CH_2(-CH_2)$ সাইক্লোবিউটেন

$n = 5, C_5H_{10} \rightarrow$

(1) $\overset{5}{C}H_3 - \overset{4}{C}H_2 - \overset{3}{C}H_2 - \overset{2}{C}H = \overset{1}{C}H_2$ পেন্ট-1-ইন (2) $\overset{5}{C}H_3 - \overset{4}{C}H_2 - \overset{3}{C}H = \overset{2}{C}H - \overset{1}{C}H_3$ পেন্ট-2-ইন (3) $\overset{4}{C}H_3 - \overset{3}{C}H(\overset{CH_3}{}) - \overset{2}{C}H = \overset{1}{C}H_2$ 3-মিথাইলবিউট-1-ইন

(4) $\overset{4}{C}H_3 - \overset{3}{C}H_2 - \overset{2}{C}(\overset{CH_3}{}) = \overset{1}{C}H_2$ 2- মিথাইলবিউট-1-ইন (5) $\overset{1}{C}H_3 - \overset{2}{C}(\overset{CH_3}{}) = \overset{3}{C}H - \overset{4}{C}H_3$ 2-মিথাইলবিউট-2-ইন (6) $CH_2(-CH_2)-CH_2(-CH_2)$ সাইক্লোপেন্টেন বা চাক্রিক পেন্টেন

অ্যালকাইন : সাধারণ সংকেত C_nH_{2n-2}, এখানে, n = 2, 3, 4 ..... ইত্যাদি। n = 2 বা 3 এ মানের জন্য ভিন্ন কোনো সমাণু হয় না।

$n = 4, C_4H_6 \longrightarrow$ (1) $\overset{4}{C}H_3 - \overset{3}{C}H_2 - \overset{2}{C} \equiv \overset{1}{C}H$ বিউট-1-আইন (2) $\overset{1}{C}H_3 - \overset{2}{C} \equiv \overset{3}{C} - \overset{4}{C}H_3$ বিউট-2-আইন

$n = 5, C_5H_8 \rightarrow$ (1) $\overset{5}{C}H_3 - \overset{4}{C}H_2 - \overset{3}{C}H_2 - \overset{2}{C} \equiv \overset{1}{C}H$ পেন্ট-1-আইন (2) $\overset{5}{C}H_3 - \overset{4}{C}H_2 - \overset{3}{C} \equiv \overset{2}{C} - \overset{1}{C}H_3$ পেন্ট-2-আইন (3) $\overset{4}{C}H_3 - \overset{3}{C}H(\overset{CH_3}{}) - \overset{2}{C} \equiv \overset{1}{C}H$ 3-মিথাইলবিউট-1-আইন

অ্যালকোহল : সাধারণ সংকেত $C_nH_{2n+1}OH$, এখানে, n = 1, 2, 3 ..... ইত্যাদি।

$n = 2, C_2H_6O \longrightarrow$ (1) $CH_3 - CH_2 - OH$, ইথানল (2) $\overset{1}{C}H_3 - \overset{2}{O} - \overset{3}{C}H_3$ 2-অক্সাপ্রোপান

$n = 3, C_3H_8O \rightarrow$

(1) $\overset{3}{C}H_3 - \overset{2}{C}H_2 - \overset{1}{C}H_2 - OH$, প্রোপানল – 1 (2) $\overset{3}{C}H_3 - \overset{2}{C}H(\overset{OH}{}) - \overset{1}{C}H_3$ প্রোপানল– 2

(3) $\overset{1}{C}H_3 - \overset{2}{O} - \overset{3}{C}H_2 - \overset{4}{C}H_3$ 2-অক্সাবিউটান

এখানে মনে রাখা প্রয়োজন যে, আণবিক সংকেত যদি অ্যালকেন ও অতিরিক্ত একটি অক্সিজেন পরমাণু হয় তবে সম্ভাব্য সমাণু যৌগগুলো হবে অ্যালকোহল ও ইথার শ্রেণির। যেমন C_2H_6O, C_3H_8O, $C_4H_{10}O$, $C_5H_{12}O$ ইত্যাদি।

অ্যালডিহাইড : সাধারণ সংকেত $C_nH_{2n+1}CHO$

$n = 1, C_2H_4O \longrightarrow$ (1) $CH_3 - CHO$ ইথানাল (2) $CH_2 = CHOH$ ভিনাইল অ্যালকোহল

$n = 2, C_3H_6O \rightarrow$ (1) $\overset{3}{C}H_3 - \overset{2}{C}H_2 - \overset{1}{C}HO$ প্রোপানাল

(2) $CH_3 - \overset{\overset{O}{\|}}{C} - CH_3$ প্রোপানোন

(3) $\overset{3}{C}H_3 - \overset{2}{C}H = \overset{1}{C}HOH$ প্রোপিন-1-অল

(4) $\overset{3}{C}H_3 - \overset{\overset{OH}{|}}{\overset{2}{C}} = \overset{1}{C}H_2$ প্রোপিন-2-অল

আণবিক সংকেত যদি অ্যালকিন ও অতিরিক্ত একটি অক্সিজেন পরমাণু হয় তবে এ আণবিক সংকেত দ্বারা সম্ভাব্য সমাণু যৌগগুলো হবে অ্যালডিহাইড, কিটোন ও অ্যালকিনের অ্যালকোহল। যেমন C_2H_4O, C_3H_6O, C_4H_8O ইত্যাদি।

সমাণুতা : মনো কার্বোক্সিলিক এসিড-এর সাধারণ সংকেত : $C_nH_{2n+1}COOH$.

আণবিক সংকেত যদি অ্যালকিন ও অতিরিক্ত দুটি অক্সিজেন পরমাণুর হয় তবে সম্ভাব্য সমাণুক যৌগ হবে মনোকার্বোক্সিলিক এসিড ও এস্টার। যেমন $C_2H_4O_2$, $C_3H_6O_2$, $C_4H_8O_2$, $C_5H_{10}O_2$ ইত্যাদি।

$n = 2, C_2H_4O_2$

(i) $CH_3—COOH$ ইথানোয়িক এসিড

(ii) $H—COO—CH_3$ মিথাইল মিথানয়েট

$n = 3, C_3H_6O_2$

(i) $CH_3—CH_2—COOH$ প্রোপানয়িক এসিড

(ii) $CH_3—COO—CH_3$ মিথাইল ইথানয়েট

(iii) $H—COO—CH_2—CH_3$ ইথাইল মিথানয়েট

$n = 4, C_4H_8O_2$

(i) $\overset{4}{C}H_3—\overset{3}{C}H_2—\overset{2}{C}H_2—\overset{1}{C}OOH$ বিউটানোয়িক এসিড

(ii) $\overset{3}{C}H_3—\overset{\overset{CH_3}{|}}{\overset{2}{C}}H—\overset{1}{C}OOH$ 2-মিথাইল প্রোপানোয়িক এসিড

(iii) $CH_3—CH_2—COO—CH_3$ মিথাইল প্রোপানয়েট

(iv) $CH_3—COO—CH_2—CH_3$ ইথাইল ইথানয়েট

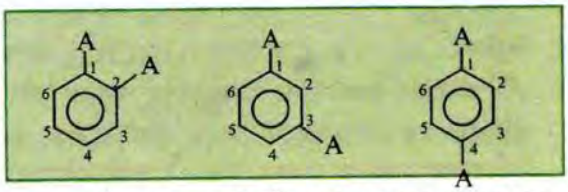
(v) $H—COO—CH_2—CH_2—CH_3$ প্রোপাইল মিথানয়েট

(vi) $H—COO—\overset{\overset{CH_3}{|}}{\overset{2}{C}}H—\overset{1}{C}H_3$ 2-মিথাইল ইথাইল মিথানয়েট

বেনজিনের বহু প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া : বেনজিন অণু সুষম ষড়ভুজাকার। এর বলয় সৃষ্টিকারী 6 টি কার্বন পরমাণুর সাথে যুক্ত 6 টি হাইড্রোজেন পরমাণু পরস্পর সমতুল্য। এ কারণে বেনজিনের একটি H-পরমাণু অন্য কোনো একযোজী পরমাণু বা গ্রুপ দ্বারা প্রতিস্থাপিত হলে উৎপন্ন প্রতিস্থাপিত বেনজিন জাতক হয় C_6H_5A। এখানে A প্রতিস্থাপিত পরমাণু বা গ্রুপ। এক প্রতিস্থাপিত বেনজিনে উপস্থিত 5 টি হাইড্রোজেন পরমাণু কখনই আর সমতুল্য হয় না। কারণ প্রতিস্থাপকটির সাপেক্ষে হাইড্রোজেনগুলোর আপেক্ষিক অবস্থানের তারতম্য ঘটে। বেনজিন বলয়ের কার্বন পরমাণুরও অবস্থানজনিত কারণে সক্রিয়তার তারতম্য ঘটে।

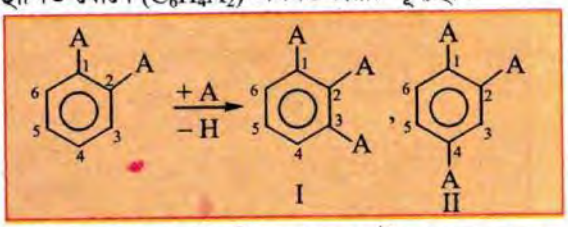
দ্বি-প্রতিস্থাপিত যৌগ : বেনজিনের দুটি হাইড্রোজেন পরমাণু একযোজী দুটি গ্রুপ বা পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত করলে দ্বি-প্রতিস্থাপিত যৌগের উদ্ভব ঘটে। এক্ষেত্রে এক প্রতিস্থাপিত যৌগ C_6H_5A যেখানে A যে কার্বনের সাথে যুক্ত ঐ কার্বনই 1 নং কার্বন, এ যৌগে দ্বিতীয় কোনো গ্রুপ বা পরমাণু বলয়ের 2, 3, 4, 5, 6 অবস্থানের যেকোনো হাইড্রোজেন পরমাণুকে প্রতিস্থাপিত

করে যৌগ গঠন করতে পারে। তবে 2 ও 6 অবস্থান এবং 3 ও 5 অবস্থানগুলো সদৃশ। তাই 2, 3 এবং 4 অবস্থানের হাইড্রোজেন যদি কোনো প্রতিস্থাপক গ্রুপ A দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় তবে সম্ভাব্য তিন ধরনের যৌগ পাওয়া সম্ভব।

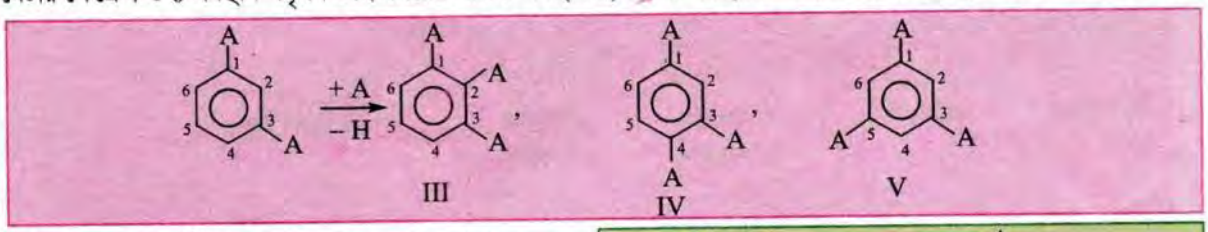


1, 2 বা অর্থো অবস্থান 1, 3 বা মেটা অবস্থান 1, 4 বা প্যারা অবস্থান

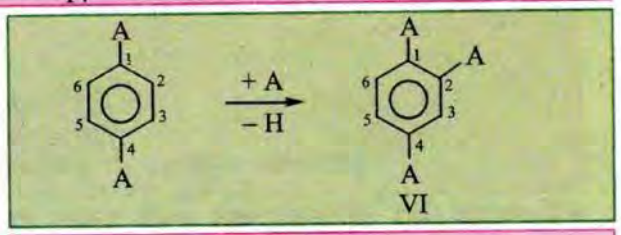
ত্রি-প্রতিস্থাপিত যৌগ : অর্থো, মেটা এবং প্যারা এ তিনটি দ্বি-প্রতিস্থাপিত যৌগে ($C_6H_4A_2$) এখনও চারটি শূন্যস্থান আছে। এখন তৃতীয় প্রতিস্থাপক এ চারটি স্থানের যেকোনো স্থানে আসার সম্ভাবনা থেকে যায়। দ্বি-প্রতিস্থাপক যৌগ অর্থো এর ক্ষেত্রে 3 ও 6 এবং 4 ও 5 অবস্থান সদৃশ। তাই এক্ষেত্রে মাত্র দুটি ত্রি-প্রতিস্থাপিত যৌগ I ও II পাওয়া যায়।



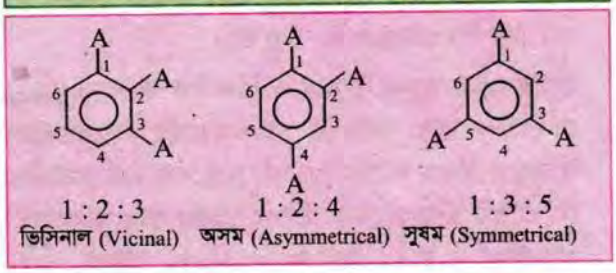
মেটার ক্ষেত্রে 4 ও 6 অবস্থান সদৃশ। তাই বলয়ের সক্রিয় অবস্থান 2, 4 ও 6 অবস্থানের জন্য তিনটি III, IV, V যৌগ পাওয়া সম্ভব।



প্যারার ক্ষেত্রে চারটি অবস্থান (2, 3, 5 ও 6) সদৃশ। তাই একটিমাত্র যৌগ VI পাওয়া যাবে।



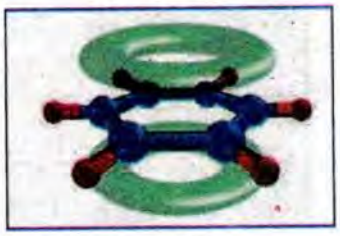
এখন সর্বমোট ছয়টি ত্রি-প্রতিস্থাপিত যৌগের মধ্যে I ও III এবং II, IV ও VI সদৃশ। অতএব এক্ষেত্রে কেবল নিম্নলিখিত তিনটি ত্রি-প্রতিস্থাপিত যৌগ পাওয়া যাবে।



1 : 2 : 3 ভিসিনাল (Vicinal) 1 : 2 : 4 অসম (Asymmetrical) 1 : 3 : 5 সুষম (Symmetrical)

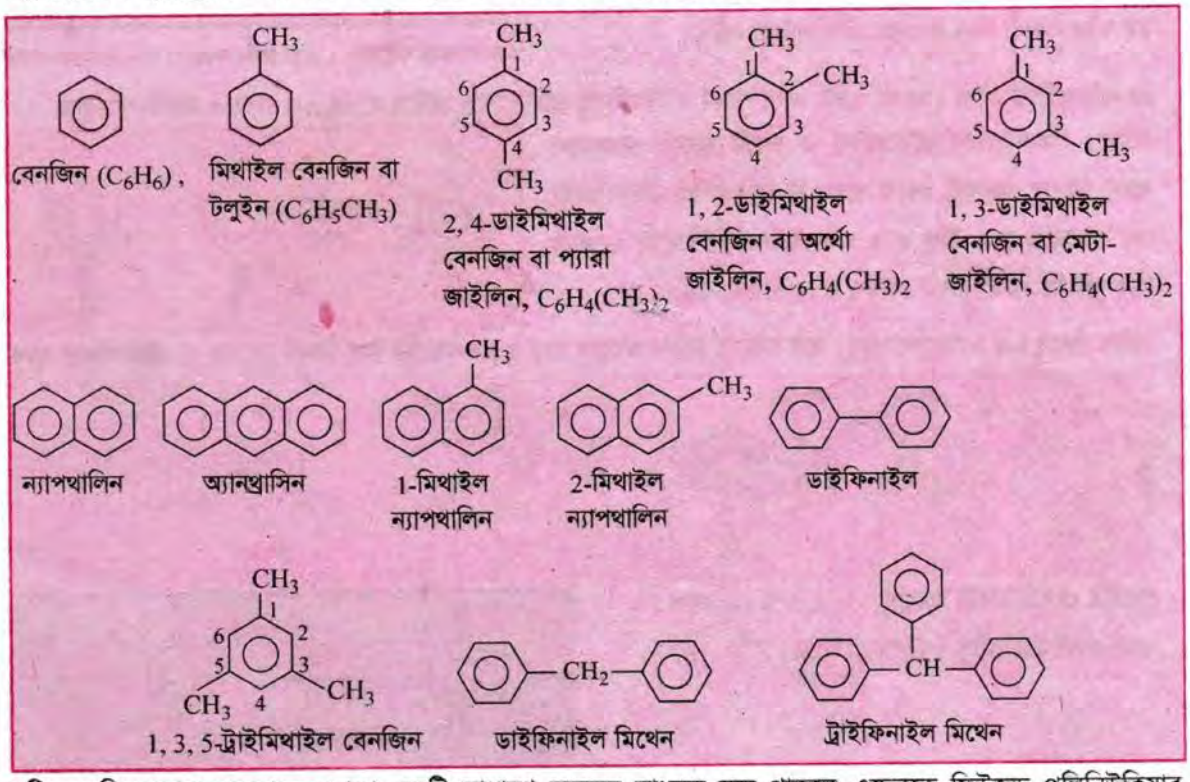
২.৮ অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন (Aromatic Hydrocarbons)

কার্বন ও হাইড্রোজেন পরমাণু দ্বারা গঠিত কার্বো সাইক্লিক জৈব যৌগ যাদের মধ্যে অ্যারোমেটিক ধর্ম বর্তমান থাকে সেসব যৌগগুলোকে অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন বলা হয়। অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বনগুলোকে একত্রে অ্যারিনস (arenes) বলা হয়। সবচেয়ে স্থিতিশীল ও সরল অ্যারোমেটিক যৌগের নাম 'বেনজিন'। বেনজিন অণুতে 6টি কার্বন পরমাণু পরস্পরের সাথে একক বন্ধন ও দ্বিবন্ধন দ্বারা যুক্ত থেকে একটি সুষম ষড়ভুজ গঠন কাঠামো সৃষ্টি করে। 6টি কার্বন পরমাণু প্রত্যেকে একটি করে H-পরমাণুর সাথে সমযোজী বন্ধনের মাধ্যমে যুক্ত থাকে। বেনজিন অণুর এ গঠনকে বেনজিন বলয় বলা হয়।



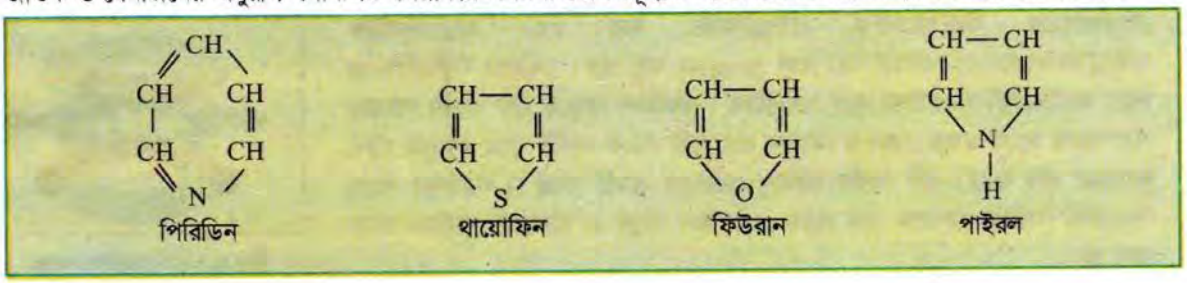
চিত্র ২.১২ : বেনজিন বলয়

সাধারণভাবে বেনজিন বলয়যুক্ত হাইড্রোকার্বনই হলো অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন। যেমন বেনজিন, মিথাইল বেনজিন বা টলুইন ($C_6H_5 - CH_3$), জাইলিন $C_6H_4(CH_3)_2$, ন্যাপথালিন ($C_{10}H_8$), অ্যানথ্রাসিন ($C_{14}H_{10}$) ইত্যাদি। ন্যাপথালিন অণুতে 2টি বেনজিন বলয় এবং অ্যানথ্রাসিন অণুতে 3টি বেনজিন বলয় পরস্পর যুক্ত অবস্থায় থাকে। একাধিক বলয়যুক্ত অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বনগুলোকে পলিনিউক্লিয়ার অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন বলা হয়।

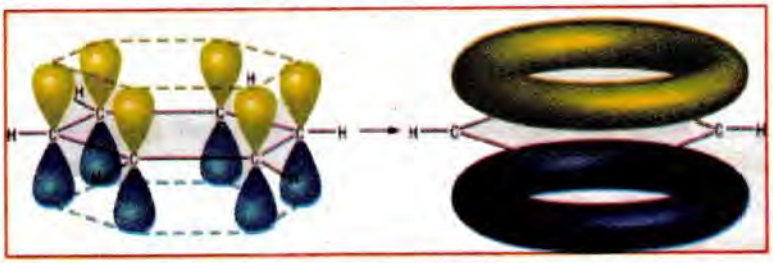


দুটি বেনজিন বলয় পরস্পরের সাথে একটি সাধারণ বন্ধনের মাধ্যমে যুক্ত থাকলে এদেরকে ফিউজড পলিনিউক্লিয়ার অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন বলা হয়।

অ্যারোমেটিক শব্দের উৎস হলো গ্রিক শব্দ অ্যারোমা (Aroma), যার অর্থ সুমিষ্ট গন্ধ। জৈব রসায়নের সূচনালগ্নে বেনজিন ও বেনজিনের ন্যায় সুগন্ধিযুক্ত যৌগসমূহকেই অ্যারোমেটিক যৌগ বলা হতো। পরবর্তীকালে অনেক অ্যারোমেটিক যৌগ আবিষ্কৃত হয়েছে যাদের সুগন্ধতো নেই বরং এরা অসহনীয় দুর্গন্ধযুক্ত। বিজ্ঞানী লসমিথ (Losechmit, 1861) প্রমাণ করেন যে, প্রতিটি অ্যারোমেটিক যৌগের বেনজিনয়েড কাঠামোর উপস্থিতি থাকতে হবে। এরই মধ্যে আবার পিরিডিন (C_5H_5N), থায়োফিন (C_4H_4S), ফিউরান (C_4H_4O), পাইরল (C_4H_5N) আবিষ্কৃত হওয়ায় এসব যৌগের ধর্মের মধ্যে ঐ বিশেষ বৈশিষ্ট্যসমূহের বর্তমান দেখা যায়। কিন্তু এদের অণুতে ঐ বিশেষ ছয় কার্বনের বেনজিনয়েড বলয় গঠন থাকে না। অ্যারোমেটিক শব্দের আভিধানিক অর্থটি নিরর্থক হয়ে গেল। পরবর্তীকালে অ্যারোমেটিক যৌগের ক্ষেত্রে বেনজিন, বেনজিন জাতক ও বেনজিনের অনুরূপ ধর্মবিশিষ্ট বলয়াকার সমধর্মী যৌগসমূহকে অ্যারোমেটিক যৌগ হিসেবে ধরে নেওয়া হয়।



এরপর বিজ্ঞানী হাকেল (Huckel) অ্যারোমেটিসিটি ব্যাখ্যার জন্য একটি তত্ত্বের প্রস্তাব করেন, যা হাকেল তত্ত্ব নামে জৈব রসায়নে সমধিক পরিচিত। এ তত্ত্ব অনুসারে, যেসব জৈব যৌগের গঠন চেপ্টা বা সমতলীয় বলয়াকার বিশিষ্ট এবং বলয় গঠনকারী পরমাণুসমূহের (4n + 2) সংখ্যক সঞ্চরণশীল π ইলেকট্রন দ্বারা আণবিক অরবিটাল সৃষ্টি হয়, তাদেরকে অ্যারোমেটিক যৌগ বলে। এক্ষেত্রে (4n + 2) সংখ্যক π ইলেকট্রন নিয়ম সংকেতে n = 0, 1, 2, 3 .... ইত্যাদি দ্বারা বেনজিনয়েড বলয় সংখ্যা অথবা পাঁচ বা ছয় পরমাণু দ্বারা গঠিত বিষম চাক্রিক বলয় সংখ্যাকে বোঝানো হয়।



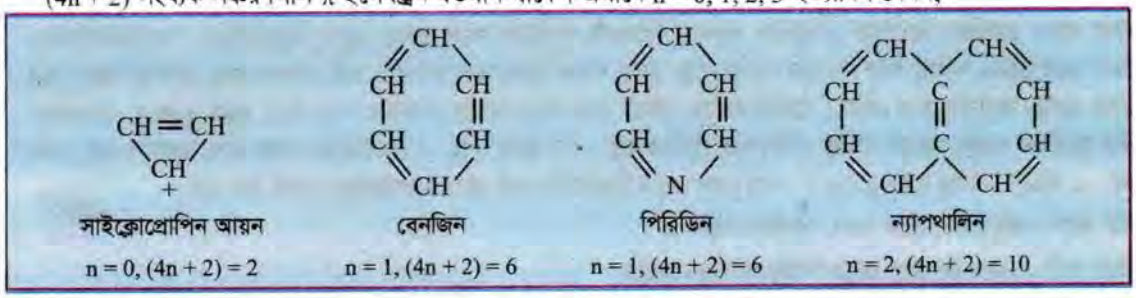
চিত্র ২.১৩ : হাকেল তত্ত্ব অনুসারে বেনজিন অণুর গঠন

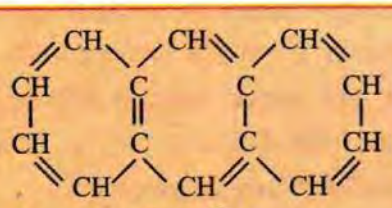
হাকেলের নিয়ম অনুসারে পিরিডিন হলো একটি হেটারো অ্যারোমেটিক যৌগ। পিরিডিন অণুতে বলয়ের সংখ্য = 1, ফলে (4n + 2) তে n = 1 হলে সঞ্চরণশীল π ইলেকট্রনের সংখ্যা $(4 \times 1 + 2) = 6$ হয় যা দ্বারা বেনজিন বলয়ে সঞ্চরণশীল π ইলেকট্রন সংখ্যা বোঝায়। সঞ্চরণশীল π ইলেকট্রনের উপস্থিতির কারণে অ্যারোমেটিক যৌগের মধ্যে বেশ কিছু বৈশিষ্ট্যপূর্ণ ধর্ম প্রকাশ পায়। যেমন,

১. **বিশেষ প্রকৃতির অসম্পৃক্ততা :** অ্যারোমেটিক যৌগের অণু বিশেষ প্রকৃতির অসম্পৃক্ততা প্রদর্শন করে থাকে। বেনজিন অণুতে তিনটি দ্বিবন্ধন উপস্থিত থাকা সত্ত্বেও ইথিন ($CH_2 = CH_2$) অণুর মতো দ্রুত বিক্রিয়া প্রদর্শন করে না। বেনজিন যৌগটি H_2, X_2 ও O_3 এর সাথে যুত যৌগ গঠন করলেও HCl, HBr, H_2SO_4, R – X প্রভৃতি ক্ষেত্রে যুত যৌগ গঠন করে না। এমন কি জৈব যৌগের অসম্পৃক্ততার পরীক্ষা, বেয়ার পরীক্ষা ও ব্রোমিন দ্রবণ পরীক্ষা প্রদর্শন করে না।

২. **অনুরণন বা রেজন্যান্স :** রঞ্জন রশ্মির বিশ্লেষণ পরীক্ষায় দেখা যায় যে, অ্যারোমেটিক যৌগের বেনজিন চক্রে কার্বন-কার্বন বন্ধন দৈর্ঘ্য 0.139 nm. যে মান অ্যালিফেটিক যৌগের কার্বন-কার্বন একক বন্ধন ও কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনের মান যথাক্রমে 0.154 nm ও 0.134 nm এর মাঝামাঝি। এ থেকে প্রমাণ হয় যে, বেনজিন অনুরণন বা রেজন্যান্স ধর্ম প্রদর্শন করে। এ ধর্মের কারণেই বেনজিন বলয়ের সাথে সরাসরিভাবে সংযুক্ত মূলকের বিক্রিয়া অ্যালিফেটিক কার্বন শিকলের সাথে সংযুক্ত একই মূলকের বিক্রিয়ার মধ্যে সম্পূর্ণ ভিন্ন ধর্ম দেখা যায়। যেমন, অ্যারোমেটিক হাইড্রক্সি যৌগ ফেনল ($C_6H_5 – OH$) হলো অম্লধর্মী, যার জলীয় দ্রবণ কার্বলিক এসিড নামে পরিচিত। আর অ্যালিফেটিক হাইড্রক্সি যৌগ (R – OH), অ্যালকোহল শ্রেণি যৌগ এরা নিরপেক্ষ। যেমন মিথানল (CH_3OH), ইথানল ($CH_3 – CH_2OH$) ইত্যাদি নিরপেক্ষ।

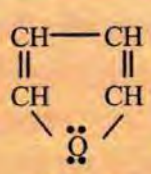
৩. **সঞ্চরণশীল বা ডিলোকালাইজড π ইলেকট্রন :** সকল অ্যারোমেটিক যৌগের অণুতে একটি সমতলীয় চাক্রিক গঠন কাঠামো বর্তমান থাকে যার উপরে ও নিচে সঞ্চরণশীল π আণবিক অরবিটাল থাকে। এ π আণবিক অরবিটাল (4n + 2) সংখ্যক সঞ্চরণশীল π ইলেকট্রন বর্তমান থাকে। এখানে n = 0, 1, 2, 3 ইত্যাদি। যেমন,





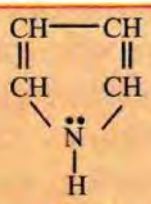
অ্যানথ্রাসিন

$n = 3, (4n + 2) = 14$



ফিউরান

$n = 1, (4n + 2) = 6$

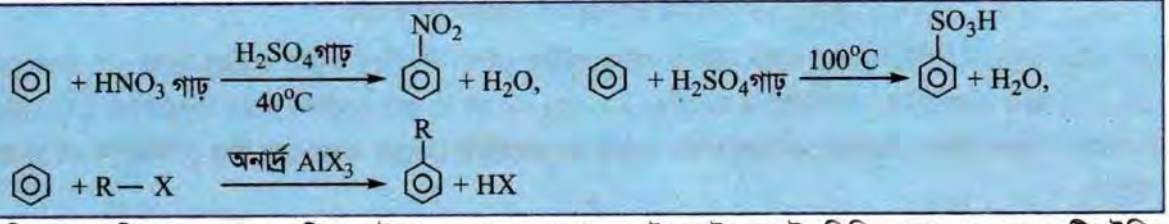


পাইরল

$n = 1, (4n + 2) = 6$

ফিউরান, পাইরল, থায়োফিন হেটারোসাইক্লিক যৌগ। সাধারণভাবে এদের আণবিক গঠনে দেখা যায় দুটি π বন্ধন অর্থাৎ চারটি π ইলেকট্রন বর্তমান। কিন্তু প্রকৃত বিষয়টি হলো পঞ্চভুজাকার যৌগের হেটারো পরমাণুর বলয় মধ্যস্থ নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল π ইলেকট্রন সিস্টেমে অংশগ্রহণ করে বলয়ের মোট ইলেকট্রনের সংখ্যা মান $(4n + 2)$ এর সংখ্যা পূর্ণ করে থাকে।

৪. **প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া :** অ্যারোমেটিক যৌগ বিশেষ করে বেনজিন হ্যালোজেনেশন, নাইট্রেশন, সালফোনেশন, ফ্রিডেল ক্রাফ্ট অ্যালকাইলেশন, অ্যাসাইলেশন প্রভৃতি ক্ষেত্রে ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া প্রদর্শন করে থাকে।



৫. **বিশেষ স্থায়িত্ব :** অ্যারোমেটিক যৌগে π বন্ধন তথা π ইলেকট্রনের উপস্থিতি থাকা সত্ত্বেও এটি ইথিন $(CH_2 = CH_2)$ অপেক্ষা অধিক স্থায়ী। ইথিন ক্ষারীয় $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা জারিত হয়ে ইথিলিন গ্লাইকলে পরিণত হয়। কিন্তু অ্যারোমেটিক যৌগ বিশেষভাবে বেনজিন ক্ষারীয় $KMnO_4$ দ্বারা জারিত হয় না।

৬. **ক্ষারকত্ব :** অ্যালিফেটিক অ্যামিন অপেক্ষা অ্যারোমেটিক অ্যামিনের ক্ষারকীয় ধর্ম অনেক কম।

অ্যারোমেটিক যৌগের বৈশিষ্ট্যপূর্ণ ধর্ম যেমন,

(i) বিশেষ প্রকৃতির অসম্পৃক্ততা, (ii) অনুরণন, (iii) সঞ্চরণশীল π ইলেকট্রন, (iv) প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ও (v) বিশেষ স্থায়িত্ব প্রভৃতিকে একত্রে অ্যারোমেটিসিটি বলা হয়ে থাকে।

চিন্তা কর এবং উত্তর দাও – ২.১৯ :

১. 1, 3–সাইক্লো বিউটাডাইন চাক্রিক যৌগের অণুতে দুটি π বন্ধন বর্তমান। এ যৌগটি কি অ্যারোমেটিক ধর্ম প্রদর্শন করবে?

২. থায়োফিন বিষম চাক্রিক যৌগের অণুতে দুটি π বন্ধন বর্তমান। এ যৌগটি কি হাকেল তত্ত্ব মেনে চলবে? উত্তরের সপক্ষে তোমার যুক্তি উপস্থাপন কর।

বেনজিন উৎপাদন : বিটুমিন কয়লা অ্যারোমেটিক যৌগের প্রধান উৎস হলেও বর্তমানকালে পেট্রোলিয়ামই প্রধান উৎস। অ্যারোমেটিক যৌগ উদ্ভিদ ও প্রাণিদেহে অবস্থান করে। উদ্ভিদ ও প্রাণিদেহে ভূগর্ভে চাপা পড়ে পরিবর্তিত রূপে কয়লা ও পেট্রোলিয়াম জাতীয় উপাদানে পরিণত হয়। কয়লা থেকে আলকাতরা এবং আলকাতরা থেকে লঘু তেল উৎপাদন করা হয়। এ লঘু তেল থেকে বেনজিন নিষ্কাশন করা হয়।

কয়লা থেকে বেনজিন নিষ্কাশন : বিটুমিন কয়লার বিধ্বংসী পাতনের ফলে কোল গ্যাস, আলকাতরা, অ্যামোনিয়াক্যাল লিকার এবং কোক পাওয়া যায়। কালো বর্ণের সান্দ্র তরল পদার্থ হলো আলকাতরা। এটি অনেকগুলো যৌগের মিশ্রণ যার বেশির ভাগই অ্যারোমেটিক যৌগ। আলকাতরাকে রিটর্টে নিয়ে অংশ কলাম ব্যবহার করে ধীরে ধীরে 400 °C তাপমাত্রা পর্যন্ত আংশিক পাতন করলে উদ্বায়ী যৌগসমূহ পাতিত হয়। এর মধ্যে 170 °C তাপমাত্রা পর্যন্ত প্রাপ্ত তরলকে লঘু তেল বলে। এ তরলের ঘনত্ব 0.97 g mL^{-1}। লঘু তেল থেকে নিম্নলিখিত দুটি ধাপে বেনজিনকে পৃথক করা হয়।

প্রথম ধাপে : লঘু তেল থেকে 90% বেনজল প্রস্তুতি।

দ্বিতীয় ধাপে : 90% বেনজল থেকে বিশুদ্ধ বেনজিন প্রস্তুতি

লঘু তেল থেকে 90% বেনজল প্রস্তুতি : প্রথমে লঘু তেলকে আংশিক পাতন করে 70°C তাপমাত্রার উপরের পাতিত তরলকে সংগ্রহ করা হয়। লঘু তেলের মধ্যে তিন ধর্মী উপাদান বর্তমান।

লঘু তেল : (১) অম্লধর্মী : ফেনল (C_6H_5OH)।

(২) ক্ষারধর্মী : অ্যানিলিন ($C_6H_5 - NH_2$), পিরিডিন (C_5H_5N) ও থায়োফিন (C_4H_4S)।

(৩) নিরপেক্ষ : বেনজিন (C_6H_6), টলুইন ($C_6H_5 - CH_3$) ও জাইলিন $C_6H_4(CH_3)_2$।

নিম্নলিখিত তিনটি ধাপ অনুসরণ করে লঘু তেল থেকে 90% বেনজল উৎপন্ন করা হয়।

১ম ধাপ : লঘু তেল + শীতল ও গাঢ় $H_2SO_4 \xrightarrow[\text{ও এসিড স্তর পৃথকীকরণ}]{\text{উত্তমরূপে ঝাঁকানো}}$ জৈব স্তর সংগ্রহ।

এ ধাপে ক্ষারধর্মী অ্যানিলিন ও পিরিডিন সম্পূর্ণভাবে এবং থায়োফিন আংশিকভাবে অপসারিত হয়।

২য় ধাপ : প্রথম ধাপের সংগৃহীত জৈব স্তর + 10% কস্টিক সোডা $\xrightarrow[\text{ও ক্ষার স্তর পৃথকীকরণ}]{\text{উত্তমরূপে ঝাঁকানো}}$ জৈব স্তর সংগ্রহ

এ ধাপে অম্লধর্মী ফেনল ও ১ম ধাপের অবিকৃত অপদ্রব্য H_2SO_4 অপসারিত হয়। সংগৃহীত জৈব স্তরকে পানি দ্বারা বার বার ধূয়ে অতিরিক্ত ক্ষারকে অপসারিত করা হয়।

৩য় ধাপ : ২য় ধাপের ধৌত লঘু তেল $\xrightarrow[\text{আংশিক পাতন}]{80 - 110°C}$ পাতিত তরল সংগ্রহ করা হয়।

এভাবে প্রাপ্ত পাতিত তরলকে 90% বেনজল বলে। এতে 84% বেনজিন, 13% টলুইন প্রায় 3% জাইলিন ও সামান্য থায়োফিন থাকে।

90% বেনজল থেকে বিশুদ্ধ বেনজিন প্রস্তুতি : নিম্নলিখিত তিনটি ধাপ অনুসরণ করে 90% বেনজল থেকে বিশুদ্ধ বেনজিন সংগ্রহ করা হয়।

১ম ধাপ : 90% বেনজল $\xrightarrow[\text{আংশিক পাতন}]{80 - 82°C}$ পাতিত তরল সংগ্রহ। এ ধাপে জাইলিন অপসারিত হয়।

২য় ধাপ : প্রাপ্ত পাতিত তরল $\xrightarrow[5.5°C \text{ তাপমাত্রা}]{\text{হিমমিশ্রণে শীতলীকরণ}}$ কঠিন কেলাস সংগ্রহ।

এ ধাপে টলুইনকে তরল আকারে বেনজিনের কেলাস থেকে পৃথক করে নেওয়া হয়। বেনজিনের কেলাসকে সংগ্রহ করে কক্ষতাপমাত্রায় নিয়ে এলে উহা তরল বেনজিনে পরিণত হয়। প্রাপ্ত বেনজিনের মধ্যে প্রায় 0.5% থায়োফিন ভেজাল হিসেবে বর্তমান থাকে। বেনজিনের স্ফুটনাঙ্ক 80.4°C এবং থায়োফিনের 80°C। এ দুই তাপমাত্রা খুবই কাছাকাছি হওয়ায় এ দুটি উপাদানকে পৃথক করা একটু কষ্টকর।

৩য় ধাপ : প্রাপ্ত বেনজিন + শীতল ও গাঢ় $H_2SO_4 \xrightarrow[\text{বেনজিন স্তর পৃথকীকরণ}]{\text{ঝাঁকানো ও}}$ হলুদ বর্ণের স্তরকে পৃথক করা হয়।

অপদ্রব্য থায়োফিন শীতল ও গাঢ় H_2SO_4 এর সাথে বিক্রিয়া করে থায়োফিন সালফোনিক এসিড উৎপন্ন করে যা পানিতে দ্রবণীয়।



থায়োফিনসালফোনিক এসিড

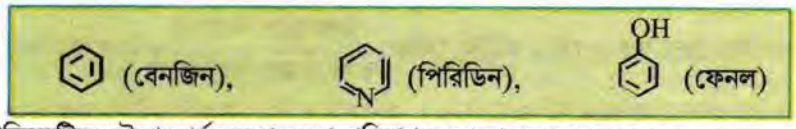
বেনজিন স্তরকে পুনরায় শীতল ও গাঢ় H_2SO_4 এর মধ্যে যোগ করে থায়োফিনের অপসারণকে নিশ্চিত করা হয়। থায়োফিনের অনুপস্থিতিতে H_2SO_4 স্তর আর হলুদ বর্ণ ধারণ করে না। অতঃপর বেনজিন স্তরকে কয়েকবার পানি দ্বারা ধৌত করে পৃথক করে গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্বারা শুষ্ক করে 80.4°C তাপমাত্রায় পাতন করে নিলেই বিশুদ্ধ বেনজিন পাওয়া যায়।

২.৯ অ্যালিফেটিক ও অ্যারোমেটিক যৌগের পার্থক্য

(Difference between Aliphatic & Aromatic Compounds)

অ্যালিফেটিক ও অ্যারোমেটিক যৌগের মধ্যে পার্থক্য নির্ধারণ করার জন্য তেমন বিশেষ কোনো পরীক্ষা নেই। তবে সাধারণ আলোচনার ভিত্তিতে এদের মধ্যে পার্থক্য নির্ধারণ করা যায়। নিচে এ বিষয়ে আলোচনা করা হলো–

১. **গঠন :** অ্যালিফেটিক জৈব যৌগসমূহ প্রধানত মুক্ত শিকলবিশিষ্ট। এখানে কার্বন পরমাণুর সংখ্যা এক হতে একাধিক হতে পারে। যেমন CH_4, $CH_3 - CH_3$, $CH_3 - CH_2 - CH_3$, $CH_3(CH_2)_6CH_3$; (অক্টেন) ইত্যাদি। আবার বদ্ধ শিকল যুক্ত অ্যালিফেটিক যৌগও আছে। যেমন, সাইক্লোপ্রোপেন (C_3H_6)। সকল আরোমেটিক যৌগই বদ্ধ শিকল যুক্ত। যেমন



২. **সংযুক্তি :** অ্যালিফেটিক যৌগে কার্বনের শতকরা পরিমাণ অপেক্ষাকৃত কম। যেমন

(ক) CH_4 যৌগে C = 75%, H = 25% (খ) $CH_3 - CH_3$ যৌগে C = 80%, H = 20%.

অ্যারোমেটিক যৌগে কার্বনের শতকরা পরিমাণ অপেক্ষাকৃত বেশি। যেমন

বেনজিন (C_6H_6) যৌগে C = 92.3%, H = 7.7%, ন্যাপথালিন ($C_{10}H_8$) যৌগে C = 93.75%, H = 6.25%.

৩. **অসম্পৃক্ততা :** এরা সম্পৃক্ত বা অসম্পৃক্ত যেকোনো প্রকার হতে পারে। যেমন অ্যালকেন শ্রেণি যৌগ সম্পৃক্ত এবং অ্যালকিন, অ্যালকাইন শ্রেণি যৌগ অসম্পৃক্ত। উদাহরণস্বরূপ ইথেন ($CH_3 - CH_3$), প্রোপেন ($CH_3 - CH_2 - CH_3$), সম্পৃক্ত, আর ইথিন ($CH_2 = CH_2$), ইথাইন ($CH \equiv CH$) অসম্পৃক্ত অ্যালিফেটিক যৌগ।

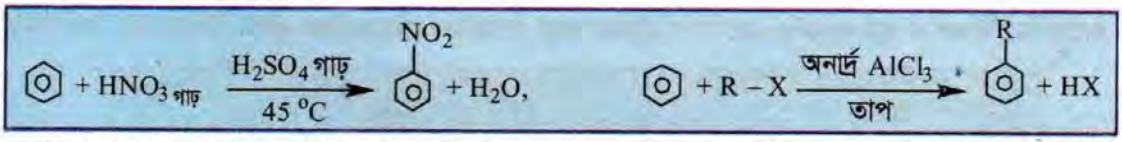
অন্যদিকে অ্যারোমেটিক সকল যৌগই অসম্পৃক্ত। যেমন বেনজিন  , পিরিডিন  ইত্যাদি।

৪. **বিক্রিয়া :** অ্যালিফেটিক সম্পৃক্ত যৌগে প্রতিস্থাপন এবং অসম্পৃক্ত যৌগে সংযোজন বিক্রিয়া ঘটে থাকে। যেমন

$$CH_3 - CH_3 + Cl_2 \xrightarrow[\text{তাপ}]{Fe} CH_3 - CH_2Cl + HCl. \qquad CH_2 = CH_2 + Br_2 \xrightarrow{CCl_4} CH_2Br - CH_2Br.$$

তবে অ্যালিফেটিক অসম্পৃক্ত যৌগে নাইট্রেশন, সালফোনেশন, হ্যালোজেনেশন, অ্যালকাইলেশন প্রভৃতি ইলেকট্রন আকর্ষী প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া সাধারণত ঘটে না।

অ্যারোমেটিক যৌগ অসম্পৃক্ত হওয়া সত্ত্বেও অতিসহজে নাইট্রেশন, সালফোনেশন, হ্যালোজেনেশন, অ্যালকাইলেশন প্রভৃতি প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া প্রদর্শন করে থাকে।



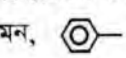
৫. **হাইড্রক্সি যৌগের প্রকৃতি :** অ্যালিফেটিক হাইড্রক্সি যৌগ যেমন অ্যালকোহল নিরপেক্ষ প্রকৃতির। এরা নীল লিটমাসকে লাল করে না এমনকি ক্ষারের সাথে বিক্রিয়া প্রদর্শন করে না।

$CH_3 - OH$, $CH_3 - CH_2 - OH$, $CH_3 - CH_2 - CH_2 - OH$ ইত্যাদি।

অ্যারোমেটিক হাইড্রক্সি যৌগসমূহ, যেমন ফেনল অম্লধর্মী। ফেনল ক্ষারের সাথে বিক্রিয়া করে লবণ ও পানি উৎপন্ন করে।



৬. **সক্রিয়তা :** অ্যালিফেটিক যৌগের অণুস্থিত হ্যালোজেন পরমাণু অধিক সক্রিয়। তাই এরা সহজেই প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া প্রদর্শন করে। যেমন $R - X + KOH \longrightarrow R - OH + HX$.

অ্যারোমেটিক যৌগের অণুস্থিত হ্যালোজেন পরমাণু কম সক্রিয়। তাই এরা প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে না। যেমন,  সাধারণ অবস্থায় বিক্রিয়া প্রদর্শন করে না।

৭. **বেয়ার পরীক্ষা ও ব্রোমিন দ্রবণ পরীক্ষা :** অ্যালিফেটিক অসম্পৃক্ত যৌগ বেয়ার পরীক্ষা ও ব্রোমিন দ্রবণ পরীক্ষা দুটি প্রদর্শন করে থাকে।

ক. **বেয়ার পরীক্ষা :** অ্যালিফেটিক অসম্পৃক্ত যৌগের উপস্থিতিতে ক্ষারীয় $KMnO_4$ এর লালচে বেগুনি বর্ণ দ্রুত বর্ণহীন হয়ে যায়।

$$2KMnO_4 + 2KOH \longrightarrow 2K_2MnO_4 + H_2O + [O]$$

$$CH_2 = CH_2 + H_2O + [O] \longrightarrow \begin{matrix} {}^{1}CH_2OH \\ | \\ {}_{2}CH_2OH \end{matrix} \quad \text{(ইথেন-1, 2-ডাইঅল)}$$

খ. **ব্রোমিন দ্রবণ পরীক্ষা :** অ্যালিফেটিক অসম্পৃক্ত যৌগের উপস্থিতিতে CCl_4 যুক্ত Br_2 দ্রবণের লালচে বাদামি বর্ণ বর্ণহীন হয়ে যায়।

$$CH_2 = CH_2 + Br_2 \xrightarrow{CCl_4} CH_2Br - CH_2Br.$$

অ্যারোমেটিক যৌগ অসম্পৃক্ত হওয়া সত্ত্বেও $KMnO_4$ দ্বারা জারিত হয় না। অ্যারোমেটিক যৌগের অসম্পৃক্ততা বিশেষ প্রকৃতির।

৮. **ডায়াজোনিয়াম লবণ গঠন :** অ্যালিফেটিক প্রাইমারি অ্যামিন যেমন, $CH_3 - NH_2$ নিম্ন তাপমাত্রায় $NaNO_2$ ও গাঢ় HCl এর সাথে বিক্রিয়ায় ডায়াজোনিয়াম লবণ উৎপন্ন করে না।

$$CH_3 - NH_2 + NaNO_2 + HCl \xrightarrow{< 5°C} CH_3 - OH + NaCl + H_2O + N_2.$$

কিছু অ্যারোমেটিক প্রাইমারি অ্যামিন যেমন, $C_6H_5NH_2$ নিম্ন তাপমাত্রায় $NaNO_2$ ও HCl এর সাথে বিক্রিয়া করে ডায়াজোনিয়াম লবণ গঠন করে।



২.১০ জৈব বিক্রিয়ার ক্রিয়া কৌশলের মৌলিক ধারণা

(Fundamental Concepts of Organic Reaction Mechanism)

২.১০.১ জৈব বিক্রিয়ার ক্রিয়া কৌশলের মৌলিক ধারণা

সব রাসায়নিক বিক্রিয়া একই মূলনীতির উপর প্রতিষ্ঠিত হলেও জৈব যৌগের বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে বেশ কিছু ভিন্নতা পরিলক্ষিত হয়। অজৈব যৌগের বিক্রিয়া থেকে জৈব বিক্রিয়া ভিন্ন প্রকৃতির ও বৈশিষ্ট্যের হয়। কোনো রাসায়নিক উপাদান মৌল বা যৌগ একটি জৈব যৌগের উপর বিক্রিয়া করে জৈব বিক্রিয়া সম্পন্ন করে। এর ফলে মূল জৈব যৌগটি পরিবর্তিত হয়ে নতুন যৌগ উৎপন্ন করে। মূল জৈব যৌগটিকে বিক্রিয়ক (reactant) বা সাবস্ট্রেট (substrate) বলা হয়। বিক্রিয়কের সাথে যে রাসায়নিক পদার্থটি বিক্রিয়া ঘটায় তাকে বিকারক (reagent) বলা হয় এবং যে নতুন যৌগটি উৎপন্ন হয় তাকে উৎপাদ পদার্থ (product) বলা হয়। অর্থাৎ জৈব যৌগের বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে বিক্রিয়ক বিকারকের সাথে বিক্রিয়ার ফলে উৎপাদ উৎপন্ন করে থাকে।

(বিক্রিয়ক + বিকারক) $\longrightarrow$ উৎপাদ

বিক্রিয়ক থেকে উৎপাদ উৎপন্ন হওয়ার ক্ষেত্রে একটি অবস্থান্তর অবস্থার (transition stage) মাধ্যমে সরাসরি উৎপন্ন হতে পারে। কোনো কোনো ক্ষেত্রে এটি আবার এক বা একাধিক অন্তর্বর্তী পদার্থ গঠনের মাধ্যমে উৎপন্ন হয়ে থাকে। আবার বেশ কিছু বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে উৎপাদের পাশাাশি কিছু উপজাত পদার্থও উৎপন্ন হয়। সেক্ষেত্রে বিক্রিয়ার ধারাটি এরূপ হয়–

(বিক্রিয়ক + বিকারক) → [অন্তর্বর্তী উপাদান] → উৎপাদ + উপজাত

জৈব যৌগের অণুর বন্ধন প্রকৃতি সাধারণত সমযোজী হলেও বিকারক আধান যুক্ত (ধনাত্মক বা ঋণাত্মক ধর্মী) হয়। বিকারকের আধানের প্রকৃতি অনুসারে বিকারক বিক্রিয়কের বিপরীত আধানযুক্ত অঞ্চলের সাথে যুক্ত হতে সচেষ্ট হয়। অর্থাৎ ধনাত্মক আধান যুক্ত বিকারক বিক্রিয়কের বেশি ইলেকট্রন ঘনত্ব যুক্ত অঞ্চলে এবং ঋণাত্মক আধানযুক্ত বিকারক বিক্রিয়কের অপেক্ষাকৃতভাবে কম ইলেকট্রন ঘনত্বযুক্ত অঞ্চলে আক্রমণ করে যুক্ত হয়। রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্পন্ন করার ক্ষেত্রে বিক্রিয়কের সমযোজী বন্ধনে যুক্ত পরমাণুগুলোর ইলেকট্রন ঘনত্বের তারতম্য ঘটা একান্তই প্রয়োজন হয়। প্রকৃতপক্ষে সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ ইলেকট্রন জোড়ের আংশিক বা সম্পূর্ণ সরণের কারণে ইলেকট্রন ঘনত্বের তারতম্য ঘটে এবং বিপরীত আধানযুক্ত বিকারক নির্দিষ্ট অঞ্চলে যুক্ত হয়ে উৎপাদ উৎপন্ন করে। বেশকিছু সুনির্দিষ্ট কারণে সমযোজী যৌগে ইলেকট্রন জোড়ের সরণ ঘটে। এগুলো হলো–

(ক) আবেশ প্রভাব বা ইনডাকটিভ প্রভাব (Inductive effect)
(খ) ইলেকট্রোমারিক প্রভাব (Electromeric effect)
(গ) রেজনেন্স প্রভাব বা মেসোমেরিক প্রভাব (Mesomeric effect)
(ঘ) হাইপার কনজুগেশন প্রভাব (Hyperconjugation effect)

(ক) আবেশ প্রভাব বা ইনডাকটিভ এফেক্ট (Inductive effect) :

দুটি একই তড়িৎ ঋণাত্মকতা ধর্ম সম্পন্ন পরমাণু দ্বারা গঠিত সমযোজী একক বন্ধনের (δ-বন্ধনের) ইলেকট্রন জোড় দুটি পরমাণু সমানভাবে শেয়ার করে। কিন্তু দুটি ভিন্ন বা অসম তড়িৎ ঋণাত্মক পরমাণু দ্বারা গঠিত সমযোজী একক বন্ধনের (δ-বন্ধনের) ইলেকট্রন জোড়টিকে বন্ধনে অংশগ্রহণকারী পরমাণু দুটি সমানভাবে শেয়ার করে না। যে পরমাণুটি অধিক তড়িৎ ঋণাত্মক, সে পরমাণুটি ইলেকট্রন জোড়কে বেশি আকৃষ্ট করে এবং ইলেকট্রন জোড় এ পরমাণুর নিকটে অধিক মাত্রায় সরে আসে। এর ফলে অধিক তড়িৎ ঋণাত্মক পরমাণুটি কিছুটা ঋণাত্মক আধান (–ve) যুক্ত হয় এবং একে δ^- চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করা হয়। বিপরীতভাবে কম তড়িৎ ঋণাত্মক পরমাণুটি ইলেকট্রন জোড়কে অপেক্ষাকৃতভাবে দুর্বলভাবে আকৃষ্ট করার ফলে এটি আংশিক ধনাত্মক (+ve) আধান যুক্ত হয় এবং একে δ^+ চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করা হয়। উদাহরণস্বরূপ CH_3Cl যৌগের ক্ষেত্রে C – Cl বন্ধনের ইলেকট্রনের ঘনত্ব Cl পরমাণুর দিকে অধিক মাত্রায় সরে যাবে, ফলে Cl পরমাণুটি আংশিক ঋণাত্মক আধান যুক্ত এবং C পরমাণুটি আংশিক ধনাত্মক আধান যুক্ত হয়।

জৈব অণুতে কার্বন পরমাণুর মধ্যে তড়িৎ ঋণাত্মকতার তারতম্যের কারণে সিগমা (σ) বন্ধনে অংশগ্রহণকারী ইলেকট্রন জোড়ের ইলেকট্রন ঘনত্বের এক কার্বন পরমাণু থেকে অন্য কার্বন পরমাণুতে সরণ ঘটে। যেমন,

$$-C_4-C_3-C_2-C_1-Cl$$

এ যৌগের অণুতে প্রান্তীয় কার্বন পরমাণু C_1 এর সাথে তড়িৎ ঋণাত্মক পরমাণু Cl যুক্ত। Cl পরমাণুটি অধিক তড়িৎ ঋণাত্মক হওয়ায় $C_1 – Cl$ সিগমা ইলেকট্রন জোড়ের চার্জ ঘনত্ব কার্বন পরমাণু অপেক্ষা Cl পরমাণুর দিকে বেশি হয়। ফলে Cl পরমাণু δ^- এবং C_1 পরমাণুটি δ^+ হয়। এখন C_1 পরমাণু আংশিক ধনাত্মক আধান হওয়ার কারণে $C_1 – C_2$ এর মধ্যকার সিগমা ইলেকট্রন জোড়কে C_1 পরমাণু নিজের দিকে বেশি আকর্ষণ করে। ফলে C_2 পরমাণুটি আংশিক ধনাত্মক আধান যুক্ত হয়। তবে C_2 পরমাণুতে ধনাত্মক আধানের পরিমাণ C_1 এর উপর আধানের পরিমাণের তুলনায় কম হয়। কারণ C_2 কার্বন পরমাণুর উপর C_1 কার্বন পরমাণুর প্রভাব, C_1 কার্বন পরমাণুর উপর Cl পরমাণুর প্রভাবের তুলনায় কম হয়। একইভাবে $C_2 – C_3$ এর মধ্যকার সিগমা ইলেকট্রন জোড়ের সরণ ঘটে এবং C_3 পরমাণুটিও সামান্য পরিমাণে ধনাত্মক আধানযুক্ত হয়। এক্ষেত্রেও C_2 এর আধানের তুলনায় C_3 পরমাণুতে আধানের পরিমাণ আরও কম হয়। প্রকৃতপক্ষে উৎস থেকে দূরত্ব বৃদ্ধির সাথে সাথে সিগমা ইলেকট্রন জোড়ের সরণ দুর্বল হয়ে পড়ে। সাধারণভাবে উৎস থেকে C_2 কার্বন পরমাণু পর্যন্ত প্রভাব থাকে এর পরে এর প্রভাব আর তেমন থাকে না। সিগমা বন্ধনে আবদ্ধ ইলেকট্রন জোড়ের ঘনত্বের এ ধরনের সরণকে ইনডাকটিভ প্রভাব বা আবেশ প্রভাব বলা হয়। একে → চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করা হয়। → চিহ্নের মুখটি সিগমা ইলেকট্রন জোড়ের সরণের দিক নির্দেশ করে।

1-ক্লোরোপ্রোপেন এর ক্ষেত্রে এটিকে এভাবে প্রকাশ করা যায়।

$$\overset{\delta+}{\underset{3}{CH_3}} \rightarrow \overset{\delta+}{\underset{2}{CH_2}} \rightarrow \overset{\delta+}{\underset{1}{CH_2}} \rightarrow \overset{\delta-}{Cl}$$ এখানে $\delta_1^+ > \delta_2^+ > \delta_3^+$

আবেশ প্রভাবের কারণে জৈব যৌগের অণুতে দ্বিমেরু ভ্রামক (dipole moment) এর সৃষ্টি হয়। তাহলে উপরোক্ত আলোচনার উপর ভিত্তি করে আবেশ প্রভাবকে এভাবে ব্যাখ্যা করা যায় **"কোনো অণুর মধ্যস্থ অপেক্ষাকৃত বেশি তড়িৎ ঋণাত্মক পরমাণু বা গ্রুপের দিকে সমযোজী সিগমা বন্ধনে অংশগ্রহণকারী ইলেকট্রন জোড়ের স্থায়ী সরণ হলো আবেশ প্রভাব বা ইনডাকটিভ এফেক্ট।"**

জৈব অণুতে কার্বন শিকলে উপস্থিত বিভিন্ন পরমাণু বা পরমাণু জোটের আবেশ প্রভাবের মাত্রা সমান হয় না। যদিও ইলেকট্রনের আকর্ষণ বা বিকর্ষণজনিত এ আবেশ প্রভাব পরিমাপ করা যায় না, কিন্তু পরমাণুর আপেক্ষিক আবেশ প্রভাব পরিমাপ করা যায়। আপেক্ষিক আবেশ প্রভাব পরিমাণের ক্ষেত্রে $R_3C - H$ কে প্রমাণ ধরে নিয়ে H কে নির্দেশক হিসেবে গ্রহণ করা হয়। অর্থাৎ এ হাইড্রোজেনের আবেশ প্রভাব শূন্য ধরা হয়। যদি কোনো প্রতিস্থাপিত পরমাণু বা গ্রুপের C – H সিগমা বন্ধনের ইলেকট্রন জোড়কে আকর্ষণ বা বিকর্ষণ করার ক্ষমতা, হাইড্রোজেন অপেক্ষা বেশি হয় তবে সেক্ষেত্রে তাদের মধ্যে আবেশ প্রভাব কার্যকরী হয়।

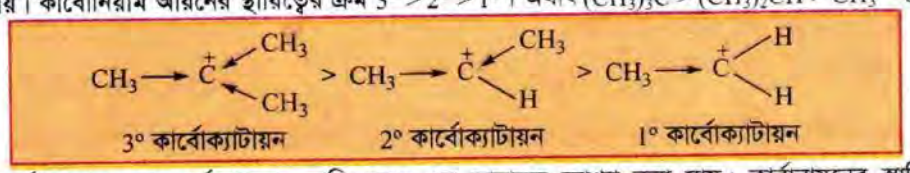
বিজ্ঞানী **ইনগোল্ড (Ingold)** আপেক্ষিক আবেশ প্রভাবের নীতিকে ব্যাখ্যা করেন। মনে কর, Z কোনো একটি প্রতিস্থাপিত পরমাণু বা গ্রুপ যার দ্বারা $R_3C - H$ যৌগের H পরমাণুটি প্রতিস্থাপিত হয়েছে। Z দ্বারা $R_3C - H$ এর H-পরমাণু প্রতিস্থাপিত হওয়ার ফলে যদি অণুর R_3C অংশে $R_3C - H$ অপেক্ষা ইলেকট্রনের ঘনত্ব বেশি হয়, তবে Z কে +I প্রভাব সম্পন্ন বা ইলেকট্রন বিকর্ষী পরমাণু বা গ্রুপ বলা হয়। আর যদি R_3C অংশে $R_3C - H$ অপেক্ষা ইলেকট্রন ঘনত্ব কম হয় তবে প্রতিস্থাপক Z কে – I প্রভাবসম্পন্ন বা ইলেকট্রন আকর্ষী পরমাণু বা গ্রুপ বলা হয়।

(i) ইলেকট্রন আকর্ষী গ্রুপ বা – I প্রভাব গ্রুপ : ইনগোল্ডের মতবাদ অনুযায়ী ইলেকট্রন আকর্ষণ করার ক্ষমতা যে পরমাণু বা গ্রুপের হাইড্রোজেন অপেক্ষা অধিক থাকে তাকে – I প্রভাব যুক্ত পরমাণু বা গ্রুপ বলা হয়।

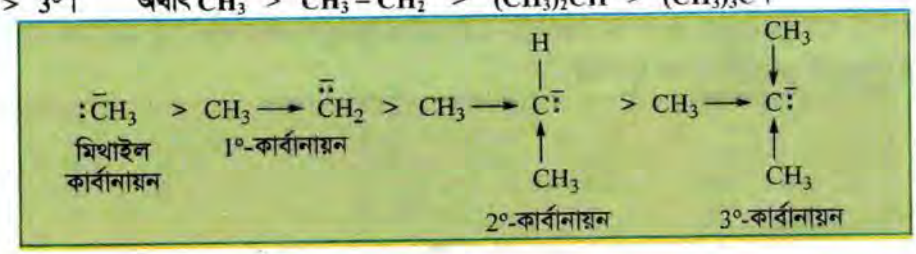
উদাহরণস্বরূপ : F, Cl, Br, I, OH, NO_2, COOH, OCH_3 ইত্যাদি ইলেকট্রন আকর্ষণকারী গ্রুপগুলোর ইলেকট্রন আকর্ষণ করার ক্রম : $\overset{+}{R_3}N > \overset{+}{R_2}S > \overset{+}{H_3}N > NO_2 > CN > COOH > F > Cl > Br > I > COOR > OR > COR > OH > C \equiv CH > CH = CR_2$।

(ii) ইলেকট্রন বিকর্ষী গ্রুপ বা + I প্রভাব গ্রুপ : ইনগোল্ডের মতবাদ অনুযায়ী ইলেকট্রন ত্যাগ বা বিকর্ষণ করার ক্ষমতা যে পরমাণু বা গ্রুপের হাইড্রোজেনের তুলনায় বেশি থাকে তাদেরকে + I প্রভাব যুক্ত পরমাণু বা গ্রুপ বলা হয়। উদাহরণস্বরূপ : $(CH_3)_3C$, $(CH_3)_2CH$, $CH_3 - CH_2$, CH_3, COO^- ইত্যাদি।

ইলেকট্রন বিকর্ষণকারী গ্রুপগুলোর ইলেকট্রন বিকর্ষণ করার ক্রম : $COO^- > (CH_3)_3C > (CH_3)_2CH > CH_3 - CH_2 > CH_3$। জৈব যৌগে আবেশ প্রভাবের গুরুত্ব যথেষ্ট। এ প্রভাবের সাহায্যে কার্বোনিয়াম আয়ন বা কার্বোক্যাটায়নের স্থায়িত্বকে ব্যাখ্যা করা যায়। কার্বোনিয়াম আয়নের স্থায়িত্বের ক্রম 3° > 2° > 1°। অর্থাৎ $(CH_3)_3\overset{+}{C} > (CH_3)_2\overset{+}{C}H > CH_3 - \overset{+}{C}H_2$।



একইভাবে কার্বোঅ্যানায়ন বা কার্বানায়নের স্থায়িত্বকেও এর সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায়। কার্বানায়নের স্থায়িত্বের ক্রম 1° > 2° > 3°। অর্থাৎ $\bar{C}H_3 > CH_3 - \bar{C}H_2 > (CH_3)_2\bar{C}H > (CH_3)_3\bar{C}$।



এছাড়াও বিভিন্ন এসিডের তীব্রতা, ক্ষারের তীব্রতা, রাসায়নিক সক্রিয়তা, বন্ধন পোলারিটি, অ্যালকাইল হ্যালাইডের সক্রিয়তা ব্যাখ্যা করা যায়।

মনে রাখবে : আবেশ প্রভাব বা ইনডাকটিভ এফেক্টের কারণে জৈব যৌগে দ্বিমেরুবিশিষ্ট আয়নিয় প্রকৃতির বন্ধন সৃষ্টি হলেও কোনো বন্ধন বিচ্ছিন্ন হয় না।

আবেশ প্রভাব বা ইনডাকটিভ প্রভাবের বৈশিষ্ট্য :

১. সম্পৃক্ত ও অসম্পৃক্ত উভয় প্রকার জৈব যৌগের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য।
২. ইনডাকটিভ প্রভাবের ফলে সিগমা (σ) ইলেকট্রনের সরণ ঘটে।
৩. এ প্রভাবের ফলে ইলেকট্রনের সরণ স্থায়ী প্রকৃতির হয়।
৪. পরমাণুতে উৎপন্ন আধানকে δ^+ এবং δ^- দ্বারা চিহ্নিত করা হয়।
৫. এক পরমাণু থেকে অন্য পরমাণুর দিকে ইলেকট্রন জোড়ের আংশিক সরণের কারণে অণুর মধ্যে দ্বিমেরু ভ্রামকের সৃষ্টি হয়।
৬. জৈব অণুর মধ্যস্থিত ইলেকট্রন আকর্ষণ বা ইলেকট্রন বিকর্ষণ পরমাণুর কারণে ইনডাকটিভ প্রভাবের সৃষ্টি হয়।

(খ) ইলেকট্রোমারিক প্রভাব (Electromeric Effect) :

এমন সব জৈব যৌগ যাদের অণুতে দ্বিবন্ধন যেমন : $-C=C-$, $>C=O$, বা ত্রিবন্ধন যেমন : $-C\equiv C-$, $-C\equiv N$ অথবা নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় ধারণকারী কোনো পরমাণু সমযোজী বন্ধনের পাশে উপস্থিত থাকে তবে সেক্ষেত্রে কোনো উপযুক্ত আক্রমণকারী বিকারকের উপস্থিতিতে বিক্রিয়কের π ইলেকট্রনের অস্থায়ী সরণ ঘটে এবং বিক্রিয়ক অণুর মধ্যে অস্থায়ী পোলারায়নের (polarity) সৃষ্টি করে। এটিই মূলত ইলেকট্রোমারিক প্রভাব। বিক্রিয়ক অণুতে অস্থায়ী পোলারায়নের ফলে ইলেকট্রনের সরণ ঘটে এবং অণুতে ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আধানযুক্ত কেন্দ্রের উদ্ভব ঘটে।

যখন দ্বিবন্ধন বা ত্রিবন্ধনযুক্ত বিক্রিয়ক আক্রমণকারী বিকারকের নিকটে আসে তখন বিক্রিয়কের π বন্ধন থেকে দুটি π ইলেকট্রন বিক্রিয়কের কোনো একটি পরমাণুতে সম্পূর্ণ স্থানান্তরিত হয়।

$$A \overset{\frown}{=} B \longrightarrow \overset{+}{A} - \overset{-}{\overset{\cdot\cdot}{B}}$$

এ ধরনের সরণের ফলে A পরমাণুটি π বন্ধনে অংশগ্রহণকারী π ইলেকট্রনকে হাড়িয়ে ফেলে ধনাত্মক আধান যুক্ত হয়। বিপরীতভাবে B পরমাণুটি π ইলেকট্রনকে গ্রহণ করে ঋণাত্মক আধান যুক্ত হয়।

ইলেকট্রোমারিক প্রভাবকে "E" চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করা হয়। E দুই ধরনের হতে পারে। (i) + E এবং (ii) – E।

জৈব যৌগের অণুর কোনো পরমাণু বা গ্রুপ থেকে যখন π ইলেকট্রন জোড় অপসারিত হয় তখন ঐ ইলেকট্রোমারিক প্রভাবকে "+E" চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করা হয়। বিপরীতভাবে যদি কোনো পরমাণু বা গ্রুপের দিকে ইলেকট্রন জোড়ের সরণ ঘটে তবে তা "–E" চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

+E প্রভাব ($\overset{\cdot\cdot}{A} - C=C-$) এবং **– E প্রভাব** ($B=C-C=C-$) : কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনের ($>C=C<$) উপস্থিত আছে এরূপ একটি অণু ইথিন ($CH_2 = CH_2$) এর ক্ষেত্রে বিষয়টিকে ব্যাখ্যা করা যাক। ইথিন ($CH_2 = CH_2$) অণুর কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন একটি বিকারক H^+ দ্বারা আক্রান্ত হলো। কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনের π বন্ধনের দুর্বল π ইলেকট্রন ধনাত্মক আধান যুক্ত বিকারকের প্রভাবে কোনো একটি কার্বন পরমাণুতে সম্পূর্ণভাবে স্থানান্তরিত হয়। কার্বন পরমাণুতে π ইলেকট্রনের সরণ ঘটে। এর ফলে যে কার্বন পরমাণুটি π ইলেকট্রন জোড়কে গ্রহণ করে সেটি ঋণাত্মক আধানযুক্ত হয় এবং অপর কার্বন পরমাণুটি ধনাত্মক আধান যুক্ত হয়।

$$H-\underset{H}{\overset{H}{C}}\overset{\frown}{=}\underset{H}{\overset{H}{C}}-H \xrightarrow[\text{(বিকারক)}]{H^+} \left[H-\overset{+}{\underset{H}{\overset{H}{C}}}-\overset{\cdot\cdot}{\underset{H}{\overset{H}{C}}}-H\right] \xrightarrow{H^+} H-\overset{+}{\underset{H}{\overset{H}{C}}}-\underset{H}{\overset{H}{C}}-H$$

সুতরাং উপযুক্ত আক্রমণকারী বিকারকের উস্থিতিতে এবং বিক্রিয়ার প্রয়োজনে বিক্রিয়ক অণুর দ্বিবন্ধন বা ত্রিবন্ধন দ্বারা যুক্ত দুটি পরমাণুর মধ্যে কোনো একটিতে দ্বিবন্ধন বা ত্রিবন্ধন থেকে π ইলেকট্রন জোড়ের অস্থায়ী অপসারণ ঘটে। ফলে ঐ দ্বিবন্ধন বা ত্রিবন্ধন কেন্দ্রের অস্থায়ী পোলারায়নের সৃষ্টি হওয়াকে ইলেকট্রোমারিক প্রভাব বলা হয়। এ ধরনের প্রভাব অস্থায়ী। কেবলমাত্র বিকারকের উপস্থিতিতেই এ ধরনের ইলেকট্রনের সরণ ঘটে। বিকারক অপসারণ করলে এ প্রভাব আর থাকে না।

ইলেকট্রোমারিক প্রভাবের বৈশিষ্ট্য :

১. যেসব জৈব যৌগের অণুতে দ্বিবন্ধন অথবা ত্রিবন্ধনের উপস্থিতি আছে তাদের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য হয়।
২. ইলেকট্রোমারিক প্রভাবের কারণে π ইলেকট্রনের সরণ ঘটে।
৩. ইলেকট্রনের সরণ অস্থায়ী প্রকৃতির হয়। আক্রমণকারী বিকারক অপসারিত করলে ইলেকট্রনের সরণ আর থাকে না।
৫. পরমাণুতে উৎপন্ন আধানকে "+" এবং "–" চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করা হয়।
৬. ইলেকট্রন জোড়ের সম্পূর্ণ অপসারণের কারণে তাৎক্ষণিকভাবে পোলারায়নের সৃষ্টি হয়।

(গ) রেজনেন্স প্রভাব বা মেসোমারিক প্রভাব (Mesomeric Effect) :

অসম্পৃক্ত জৈব যৌগের দ্বিবন্ধন ও ত্রিবন্ধনের π ইলেকট্রন জোড়ের স্থায়ী সরণ হলো মেসোমারিক প্রভাব। অসম্পৃক্ত জৈব যৌগে দ্বিবন্ধন বা ত্রিবন্ধন যুক্ত পরমাণুগুলোর মধ্যে তড়িৎ ঋণাত্মকতা ধর্মের পার্থক্যের কারণে π ইলেকট্রন জোড়ের দুটি ইলেকট্রনই অধিক তড়িৎ ঋণাত্মক পরমাণুর অরবিটালে সরণ ঘটে। এর ফলে অধিক তড়িৎ ঋণাত্মক পরমাণুটি ঋণাত্মক আধানযুক্ত এবং কম ঋণাত্মক পরমাণুটি ধনাত্মক আধান যুক্ত হয়। উদাহরণস্বরূপ : কার্বনিল মূলক ($\rangle C = O$) এর অক্সিজেন পরমাণুটি কার্বন পরমাণুর তুলনায় অধিক তড়িৎ ঋণাত্মক। কার্বন-অক্সিজেন দ্বিবন্ধনের π ইলেকট্রন জোড় অক্সিজেন পরমাণুর অরবিটালে সরণ ঘটে। ফলে কার্বনিল মূলকের কার্বন পরমাণু ধনাত্মক আধানযুক্ত এবং অক্সিজেন পরমাণু ঋণাত্মক আধানযুক্ত হয়। এ ধরনের π ইলেকট্রনের সরণের কারণে যৌগের অণুর মধ্যে বিভিন্ন গঠন কাঠামোর সৃষ্টি হয় এবং এ গঠনগুলোকে "$\longleftrightarrow$" চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করা হয়। যেমন : $\rangle C = \ddot{O}: \longleftrightarrow \rangle \overset{+}{C} - \ddot{O}:^{-}$। মেসোমারিক প্রভাবে কনজুগেটেড π বন্ধনে বিশেষভাবে পরিলক্ষিত হয়। কনজুগেটেড π বন্ধনের সাথে যুক্ত কোনো পরমাণুর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড়ও মেসোমারিক প্রভাবে অংশগ্রহণ করে।

মনে রাখবে : অসম্পৃক্ত জৈব যৌগের অণুতে কার্বন পরমাণুতে একক বন্ধন ও দ্বিবন্ধন পর্যায়ক্রমে অবস্থান করলে তাকে কনজুগেটেড π বন্ধন বলা হয়।

উদাহরণ-১ :

$$CH_2 = CH - CH = CH - \underset{\displaystyle :O:}{\overset{\displaystyle \|}{C}} - H \longleftrightarrow CH_2 = CH - \overset{+}{C}H - CH = C(\overset{\displaystyle :\ddot{O}:^{-}}{|}) - H \longleftrightarrow \overset{+}{C}H_2 - CH = CH - CH = C(\overset{\displaystyle :\ddot{O}:^{-}}{|}) - H$$

উদাহরণ-২ :

$$CH_3 - \ddot{O} - CH = CH - \underset{\displaystyle :O:}{\overset{\displaystyle \|}{C}} - H \longleftrightarrow CH_3 - \ddot{O} - \overset{+}{C}H - CH = C(\overset{\displaystyle :\ddot{O}:^{-}}{|}) - H \longleftrightarrow CH_3 - \overset{+}{\ddot{O}} = CH - CH = C(\overset{\displaystyle :\ddot{O}:^{-}}{|}) - H$$

মেসোমারিক প্রভাব ধনাত্মক (+ M) বা ঋণাত্মক (– M) এ দুই ধরনের হতে পারে। যদি অন্য কোনো পরমাণু বা গ্রুপ থেকে কার্বন পরমাণুতে π ইলেকট্রনের অপসারণ ঘটে তবে ঐ পরমাণু বা গ্রুপটিতে +M প্রভাব সক্রিয় হয়। যেসব পরমাণু বা গ্রুপে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় উপস্থিত তাকে তাদের + M প্রভাব থাকে।

যেমন, $-\ddot{O}H$, $-\ddot{S}H$, $-\ddot{S}R$, $-\ddot{O}R$, $-\ddot{N}H_2$, $-\ddot{C}l:$, $-\ddot{N}HR$ ইত্যাদি + M প্রভাব সৃষ্টিকারী গ্রুপ। যদি কার্বন পরমাণু থেকে কোনো পরমাণু বা গ্রুপের দিকে π ইলেকট্রনের অপসারণ ঘটে, তবে ঐ পরমাণু বা গ্রুপটি – M প্রভাব সৃষ্টি করে। যেসব গ্রুপে তীব্র তড়িৎ ঋণাত্মক পরমাণু দ্বিবন্ধন বা ত্রিবন্ধনে যুক্ত থাকে তাদের মধ্যে – M প্রভাব সৃষ্টি হয়।

$>C=\ddot{O}$, $-C\equiv\ddot{N}$, $-NO_2$ ইত্যাদি – M প্রভাব সৃষ্টিকারী গ্রুপ।

মেসোমারিক প্রভাবের বৈশিষ্ট্য :

১. মেসোমারিক প্রভাব শুধুমাত্র অসম্পৃক্ত যৌগের অণুতে ঘটে থাকে।

২. এ প্রভাবের ফলে π ইলেকট্রনের সরণ ঘটে।

৩. মেসোমারিক প্রভাবের ফলে ইলেকট্রনের স্থায়ী সরণ ঘটে।

৪. এ জাতীয় প্রভাবের ফলে জৈব যৌগের অণুর এক প্রান্ত থেকে অপর প্রান্ত পর্যন্ত π ইলেকট্রনের সরণ ঘটাতে পারে যতক্ষণ কনজুগেটেট π বন্ধন বর্তমান থাকে।

(ঘ) হাইপারকনজুগেশন (Hyperconjugation) :

বিজ্ঞানী মুলিকেন (Mulliken) হাইপারকনজুগেশনের ধারণা প্রদান করেন। যদি কোনো অ্যালকাইল মূলক যেমন, – CH_3, $R-CH_2-$, R_2CH- কোনো যৌগের দ্বিবন্ধন বা ত্রিবন্ধনযুক্ত কার্বন পরমাণু অথবা কার্বোক্যাটায়ন অথবা অযুগ্ম ইলেকট্রন যুক্ত (free radical) C পরমাণুর সাথে যুক্ত থাকে, তবে অ্যালকাইল মূলকের ইলেকট্রন দান করায় ক্রিয়াকৌশল ইনডাকটিভ প্রভাব অপেক্ষা ভিন্ন হয়। সম্পৃক্ত কার্বন পরমাণুযুক্ত অ্যালকাইল মূলকের + I প্রভাবের ক্রম $R_3C(3°) > R_2CH(2°) > RCH_2(1°) > CH_3$। কিন্তু এসব অ্যালকাইল মূলক যখন অসম্পৃক্ত কার্বন পরমাণু অথবা কার্বোক্যাটায়নের ধনাত্মক আধানযুক্ত কার্বন পরমাণু অথবা অযুগ্ম ইলেকট্রন যুক্ত কার্বন পরমাণুর সাথে যুক্ত থাকে তখন এদের ইলেকট্রন দান করার প্রবণতা + I প্রভাবের ঠিক বিপরীত হয়। অসম্পৃক্ত কার্বন পরমাণু বা কার্বোক্যাটায়নের ধনাত্মক আধান যুক্ত কার্বন পরমাণু বা অযুগ্ম ইলেকট্রনযুক্ত C পরমাণুর সাথে যুক্ত অ্যালকাইল মূলকের C পরমাণুকে α-কার্বন বলা হয়। α-কার্বনের সাথে যুক্ত H কে $\alpha - H$ বলা হয়। $\alpha - H$ পরমাণু σ বন্ধনে অংশগ্রহণকারী σ ইলেকট্রন এবং π বন্ধনে অংশগ্রহণকারী π ইলেকট্রনের সাথে রেজোনেন্সে অংশগ্রহণ করে। $H-\overset{\alpha}{C}-C=C$ বন্ধনের $\overset{\alpha}{C}-H$ বন্ধনের σ-ইলেকট্রনের এ ধরনের সরণকে হাইপারকনজুগেশন বলা হয়।

হাইপারকনজুগেশান উৎপন্ন বিভিন্ন রেজোনেটিং গঠনে $\alpha - H$ পরমাণুকে বিচ্ছিন্ন অবস্থায় H^+ হিসেবে উপস্থাপন করা হলেও প্রকৃতপক্ষে H পরমাণুর অবস্থানের কোনো পরিবর্তন ঘটে না। H পরমাণু H^+ আয়ন হিসেবে মুক্ত অবস্থায় অবস্থান পরিবর্তন করতে পারে না। $\alpha - H$ পরমাণু রেজোনেটিং গঠনে বিচ্ছিন্ন অবস্থায় থাকে বলে এ বিষয়টিকে বন্ধনহীন রেজোনেন্স (no bond resonance) বলা হয়। যতো অধিক সংখ্যক $\alpha - H$ পরমাণু বর্তমান থাকবে ততো অধিক সংখ্যক রেজোনেটিং গঠন অর্থাৎ হাইপারকনজুগেটিভ গঠনের সৃষ্টি হয় এবং ততো অধিক সংখ্যক সিগমা ইলেকট্রন মুক্ত হয়। যৌগটিও ততো অধিক মাত্রায় স্থায়িত্ব অর্জন করে।

উদাহরণস্বরূপ : বিউট-2-ইন্যাল ($\overset{4}{C}H_3-\overset{3}{C}H=\overset{2}{C}H-\overset{1}{C}HO$) এর দ্বিমেরু ভ্রামক বিউটান্যাল ($\overset{4}{C}H_3-\overset{3}{C}H_2-\overset{2}{C}H_2-\overset{1}{C}HO$) এর তুলনায় অনেক বেশি।

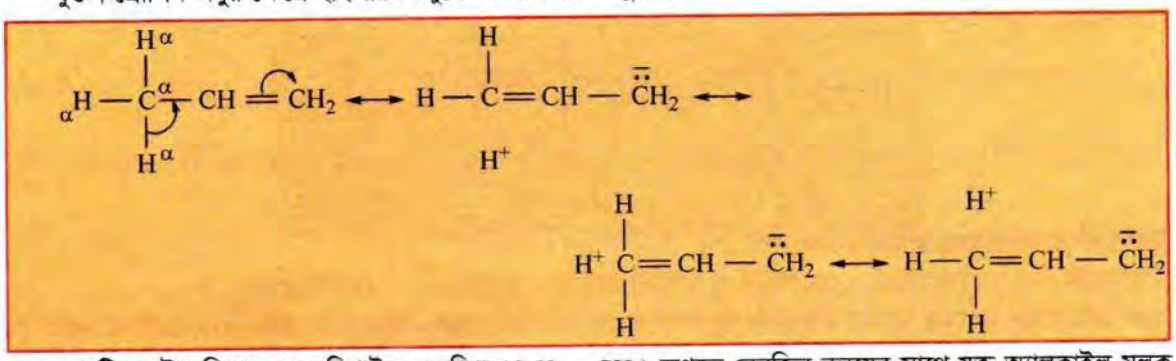
$$CH_3-CH=CH-C(H)=\ddot{O} \longleftrightarrow CH_3-\overset{+}{C}H-CH=C-\ddot{O}:^-$$

(বিউট-2-ইন্যাল)

$$CH_3-CH_2-CH_2-C(H)=\ddot{O} \longleftrightarrow CH_3-CH_2-CH_2-\overset{+}{C}(H)-\ddot{O}:^-$$

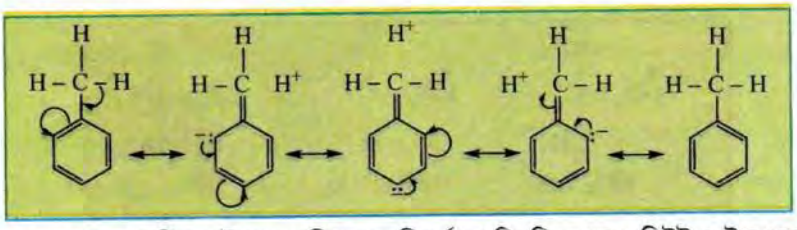
(বিউটান্যাল)

প্রোপিন ($CH_3 - CH = CH_2$) অণুতে অসম্পৃক্ত কার্বন পরমাণুর সাথে যুক্ত α-কার্বনের সাথে 3টি α – H পরমাণু যুক্ত। প্রোপিন অণুর ক্ষেত্রে হাইপারকনজুগেশন প্রক্রিয়াটি নিম্নরূপ :



অ্যারোমেটিক যৌগ বিশেষ করে মিথাইল বেনজিন ($C_6H_5 - CH_3$) অণুতে বেনজিন বলয়ের সাথে যুক্ত অ্যালকাইল মূলক $-CH_3$ এর কার্বন পরমাণুটি α-কার্বন এবং এর মধ্যে 3টি H-পরমাণুর প্রত্যেকটি α – H।

মিথাইল বেনজিন ($C_6H_5 - CH_3$) এর হাইপারকনজুগেশন প্রভাব নিচে দেখানো হলো–



হাইপারকনজুগেশনের কারণে অ্যালকিন যৌগের স্থায়িত্বের পরিবর্তন পরিলক্ষিত হয়। বিউট-2-ইন ($CH_3 - CH = CH - CH_3$) অণুতে 6টি α – H পরমাণু বর্তমান কিন্তু বিউট-1-ইন ($CH_3 - CH_2 - CH = CH_2$) অণুতে মাত্র 2টি α – H পরমাণু বর্তমান। যে অ্যালকিনে যত অধিক সংখ্যক α – H পরমাণুর উপস্থিত থাকবে ঐ অ্যালকিন ততো বেশি সংখ্যক হাইপাইকনজুগেভিট গঠন প্রদর্শন করবে। এ কারণে অ্যালকিনটি অধিক সুস্থিতি অর্জন করবে।

$\overset{\alpha}{C}H_3 - CH = CH - \overset{\alpha}{C}H_3$	$CH_3 - \overset{\alpha}{C}H_2 - CH = CH_2$
বিউট-2-ইন (6টি α – H)	**বিউট-1-ইন (2টি α – H)**

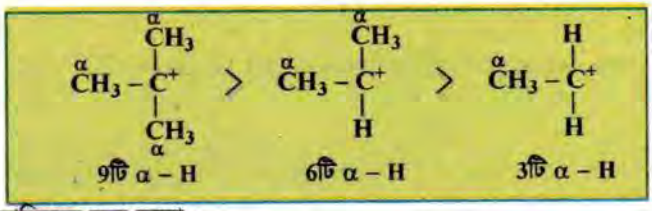
অ্যালকিন যৌগের হাইপারকনজুগেটিভ প্রভাবের কারণে যৌগের স্থায়িত্বের ক্রম নিম্নরূপ :

$CH_3 - \overset{CH_3}{\overset{|}{C}} = \overset{CH_3}{\overset{|}{C}} - CH_3$	>	$CH_3 - \overset{CH_3}{\overset{|}{C}} = CH - CH_3$	>	$CH_3 - CH = CH - CH_3$	>
2, 3-ডাইমিথাইলবিউট-2-ইন		2-ডাইমিথাইলবিউট-2-ইন		বিউট-2-ইন	
(12টি α – H পরমাণু)		**(9টি α – H পরমাণু)**		**(6টি α – H পরমাণু)**	

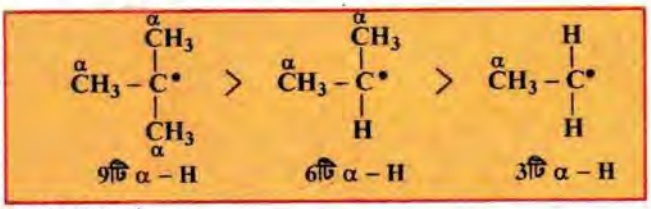
$CH_3 - CH = CH_2$	>	$CH_2 = CH_2$
প্রোপিন (3টি α – H পরমাণু)		**ইথিন (কোনো α – H পরমাণু নেই)**

হাইপারকনজুগেশনের কারণে কার্বোনিয়াম আয়নের স্থায়িত্বের পরিবর্তন ঘটে। কার্বোনিয়াম আয়নের ধনাত্মক আধানযুক্ত C-পরমাণুর সাথে যুক্ত α-কার্বন পরমাণুর C – H বন্ধনের σ-বন্ধনের σ-ইলেকট্রনের হাইপারকনজুগেশনের ফলে কার্বোনিয়াম আয়নের ধনাত্মক আধানের মানের পরিবর্তন ঘটে। কার্বোক্যাটায়নের ধনাত্মক আধানের মানের যতো হ্রাস ঘটে, স্থায়িত্ব ততো বৃদ্ধি ঘটে। যে কার্বোনিয়াম আয়নে যতো অধিক সংখ্যক α – H থাকবে ততো অধিক মাত্রায়

হাইপারকনজুগেটিভ গঠনের সৃষ্টি হয়। ফলে কার্বোক্যাটায়নের ধনাত্মক আধান অধিক মাত্রায় প্রশমিত হয় এবং কার্বোক্যাটায়নটিও বেশি সুস্থিত হয়। যেমন–



অর্থাৎ কার্বোক্যাটায়নের স্থায়িত্বের ক্রম হলো :
টারসিয়ারি (3°) কার্বোক্যাটায়ন > সেকেন্ডারি (2°) কার্বোক্যাটায়ন > প্রাইমারি (1°) কার্বোক্যাটায়ন।
মুক্ত অ্যালকাইল মূলকের মধ্যেও হাইপারকনজুগেশন প্রভাব পরিলক্ষিত হয়। অ্যালকাইল মূলকের α-কার্বনের সাথে যুক্ত α – H বন্ধনের সিগমা ইলেকট্রন জোড়ের একটি ইলেকট্রন জোড়ের একটি ইলেকট্রন মুক্ত মূলকের কার্বন পরমাণুর সাথে π-বন্ধন সৃষ্টির মাধ্যমে কার্বনের যোজ্যতাস্তরের ইলেকট্রনকে পূর্ণ করে। ফলে মুক্ত অ্যালকাইল মূলকের স্থায়িত্ব বৃদ্ধি পায়। এক্ষেত্রেও যত অধিক সংখ্যক α – H বর্তমান থাকবে ততো অধিক মাত্রায় হাইপারকনজুগেটিভ গঠনের সৃষ্টি হয়, মুক্ত অ্যালকাইল মূলকের স্থায়িত্বও ততো বৃদ্ধি পায়।



অর্থাৎ মুক্ত মূলকের স্থায়িত্বের ক্রম হলো :
টারসিয়ারি (3°) মুক্ত মূলক > সেকেন্ডারি (2°) মুক্ত মূলক > প্রাইমারি (1°) মুক্ত মূলক।

২.১০.২ সমযোজী বন্ধনের বিভাজন (Covalent Bond Fission)

জৈব অণুতে দুটি পরমাণু যোজ্যতাস্তরের নিজ নিজ ইলেকট্রনকে শেয়ার করে সমযোজী বন্ধনের সৃষ্টি করে। সমযোজী বন্ধন দু'ভাগে বিভাজিত হতে পারে। যথা–
(ক) সুষম বিভাজন (Homolytic Fission) ও (খ) বিষম বিভাজন (Heterolytic Fission)

(ক) সুষম বিভাজন (Homolytic Fission) :

এ জাতীয় বিভাজনের সময় সমযোজী বন্ধনে অংশগ্রহণকারী দুটি পরমাণু বা গ্রুপের প্রত্যেকে বন্ধনে যুক্ত ইলেকট্রন জোড়ের একটি করে ইলেকট্রনকে গ্রহণ করে। অর্থাৎ ইলেকট্রনের সমানভাবে বণ্টন ঘটে। ফলে দুটি আধান প্রশমিত পরমাণু বা গ্রুপের সৃষ্টি হয়। সুষম বিভাজনে উৎপন্ন আধান প্রশমিত পরমাণু বা গ্রুপকে মুক্ত মূলক (Free radical) বলা হয়। অতি সাধারণ একটি উদাহরণ দেওয়া যাক।

AB অণুতে A – B সমযোজী বন্ধনের সুষম বিভাজনের ফলে দুটি মুক্ত মূলকের সৃষ্টি হয়।



সাধারণত সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ দুটি পরমাণু বা গ্রুপের তড়িৎ ঋণাত্মকতার মান সমান হলে সমযোজী বন্ধনের সুষম বিভাজন ঘটে। সুষম বিভাজনের ফলে উৎপন্ন মুক্ত মূলক অতিশয় সক্রিয় হয়। এ কারণে মুক্ত মূলক ক্ষণস্থায়ী হয়।
কার্বনঘটিত মুক্ত মূলকগুলো প্রাইমারি (1°), সেকেন্ডারি (2°) ও টারসিয়ারি (3°) এ তিন শ্রেণিতে ভাগ করা হয়। বিজোড় ইলেকট্রনযুক্ত কার্বন পরমাণুর সাথে তিনটি হাইড্রোজেন বা দুটি হাইড্রোজেন ও একটি কার্বন পরমাণু যুক্ত থাকলে তাকে প্রাইমারি (1°) মুক্ত মূলক বলা হয়। যেমন $\dot{C}H_3$, $CH_3 - \dot{C}H_2$, $CH_3 - CH_2 - \dot{C}H_2$ ইত্যাদি। দুটি কার্বন পরমাণু

যুক্ত থাকলে তাকে সেকেন্ডারি (2°) মুক্ত মূলক বলা হয়। যেমন $CH_3 - \dot{C}H - CH_3$। তিনটি কার্বন পরমাণু যুক্ত থাকলে তাকে টারসিয়ারি (3°) মুক্ত মূলক বলা হয়। যেমন–

$$CH_3 - \overset{\cdot}{\underset{|}{C}} - CH_3$$
$$\quad\quad\quad CH_3$$

হাইপারকনজুগেটিভ প্রভাব অনুসারে মুক্ত মূলকগুলোর স্থায়িত্বকে ব্যাখ্যা করা হয়। এ মূলকগুলোর স্থায়িত্বের ক্রম :

$(CH_3)_3\dot{C} > (CH_3)_2\dot{C}H > CH_3 - \dot{C}H_2 > \dot{C}H_3$

(খ) বিষম বিভাজন (Heterolytic Fission) :

সমযোজী বন্ধনে বিষম বিভাজন এমনভাবে হয় যাতে করে সমযোজী বন্ধনে অংশগ্রহণকারী দুটি পরমাণু বা গ্রুপের মধ্যে মাত্র একটি পরমাণু বা গ্রুপ বন্ধনে যুক্ত ইলেকট্রন জোড়ের দুটি ইলেকট্রনই গ্রহণ করে। অর্থাৎ বন্ধন বিভাজনের ফলে বন্ধন সৃষ্টিকারী ইলেকট্রন জোড় বন্ধনে আবদ্ধ পরমাণু দুটির যে কোনো একটিতে সম্পূর্ণভাবে স্থানান্তরিত হয়। সমযোজী বন্ধনের এ ধরনের বিভাজনকে বিষম বিভাজন বলা হয়। বিষম বিভাজনে যে পরমাণুটি বা গ্রুপটি দুটি ইলেকট্রনকেই লাভ করে সেটি তড়িৎ ঋণাত্মক মূলক বা অ্যানায়ন (Anion) এবং যে পরমাণুটি বা গ্রুপটি বন্ধনের কোনো ইলেকট্রনই পায় না তাকে তড়িৎ ধনাত্মক মূলক বা ক্যাটায়ন (Cation) বলা হয়।

সাধারণভাবে সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ দুটি পরমাণুর মধ্যে তড়িৎ ঋণাত্মকতার যথেষ্ট পার্থক্য থাকলে এ জাতীয় পরমাণু দ্বারা গঠিত সমযোজী বন্ধনের বিভাজন অসম পদ্ধতিতে সম্পন্ন হয়। সেক্ষেত্রে অধিক তড়িৎ ঋণাত্মক পরমাণুটি বা গ্রুপটি সমযোজী বন্ধনে অংশগ্রহণকারী দুটি ইলেকট্রনই গ্রহণ করে। ফলে এ পরমাণুটি বা গ্রুপটি তড়িৎ ঋণাত্মক মূলক বা অ্যানায়ন (Anion) এ পরিণত হয়। সমযোজী বন্ধনের কম তড়িৎ ঋণাত্মক অপর পরমাণুটি বা গ্রুপটি দুটি ইলেকট্রনই হাড়িয়ে তড়িৎ ধনাত্মক মূলক বা ক্যাটায়ন (Cation) এ পরিণত হয়। পোলার দ্রাবকের মাধ্যমে জৈব যৌগের বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে এ ধরনের বিষম বিভাজন ঘটে।

$$A - B \longrightarrow \underset{\text{(ক্যাটায়ন)}}{A^+} + \underset{\text{(অ্যানায়ন)}}{B^-}$$

জৈব যৌগের বিক্রিয়ায় বিসম বিভাজনের ফলে প্রধানত কার্বনঘটিত আয়নের সৃষ্টি হয়। আধানের প্রকৃতি অনুসারে কার্বনঘটিত আয়ন দুই প্রকার। যথা–

১. কার্বোক্যাটায়ন বা কার্বোনিয়াম আয়ন (Carbocation) ও ২. কার্বোঅ্যানায়ন বা কার্বানায়ন (Carbanion)

১. কার্বোক্যাটায়ন বা কার্বোনিয়াম আয়ন (Carbocation) :

যদি কোনো জৈব গ্রুপের কেন্দ্রীয় কার্বন পরমাণুতে তিনটি ইলেকট্রন জোড় অর্থাৎ যোজ্যতাস্তরে মোট 6টি ইলেকট্রন থাকে এবং কার্বন পরমাণুটি ধনাত্মক আধানযুক্ত হয় তখন তাকে কার্বোক্যাটায়ন (Carbocation) বলা হয়। কার্বন পরমাণুর সাথে সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ কোনো গ্রুপ বা পরমাণু বন্ধন সৃষ্টিকারী ইলেকট্রন জোড়সহ কার্বন পরমাণু থেকে বিচ্ছিন্ন হলে কার্বোক্যাটায়নের সৃষ্টি হয়। একে R^+ দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

$R - A \rightleftharpoons R^+ + A^-$:

$(CH_3)_3C - Br \rightleftharpoons (CH_3)_3C^+ + Br^-$

$(C_6H_5)_2CH - Cl \rightleftharpoons (C_6H_5)_2CH^+ + Cl^-$

ডাই ফিনাইল মিথাইল ক্লোরাইড — ডাই ফিনাইল মিথাইল কার্বোক্যাটায়ন

$C_6H_5 - CH_2 - Br \rightleftharpoons C_6H_5CH_2^+ + Br^-$

বেনজাইল ব্রোমাইড — বেনজাইল কার্বোক্যাটায়ন

$CH_3 - \overset{O}{\overset{\|}{C}} - Cl \rightleftharpoons CH_3 - \overset{O}{\overset{\|}{C}}^+ + Cl^-$

অ্যাসিটাইল কার্বোক্যাটায়ন

$CH_2 = CH - CH_2 - Br \rightleftharpoons CH_2 = CH - \overset{+}{C}H_2 + Br^-$

অ্যাসাইল ব্রোমাইড — অ্যাসাইল কার্বোক্যাটায়ন

রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতিপথের অন্তর্বর্তী পদার্থ হিসেবে কার্বোক্যাটায়নের সৃষ্টি হয়। কার্বোক্যাটায়ন রাসায়নিকভাবে খুবই সক্রিয় হয়। কারণ ধনাত্মক আধানযুক্ত কার্বন পরমাণুর সর্ববহিঃস্থ কক্ষে মাত্র 6টি ইলেকট্রন থাকে। এদের অষ্টক পূর্ণতা প্রাপ্তির তীব্র আকাঙ্ক্ষা থাকে। এরা ইলেকট্রনাকর্ষী বিকারক বা ইলেকট্রোফাইল হিসেবে আচরণ করে। এদের সক্রিয়তার ক্রম–

$$CH_3^+ > CH_3-CH_2^+ > (CH_3)_2CH^+ > (CH_3)_3C^+$$

অ্যালকাইল কার্বোক্যাটায়নের স্থায়িত্ব ইনডাকটিভ প্রভাব ও হাইপারকনজুগেশন দ্বারা ব্যাখ্যা করা যায়। অ্যালকাইল কার্বোক্যাটায়নের স্থায়িত্বের ক্রম হলো–

$$(CH_3)_3C^+ > (CH_3)_2CH^+ > CH_3-CH_2^+ > CH_3^+$$

3°-কার্বোক্যাটায়ন 2°-কার্বোক্যাটায়ন 1°-কার্বোক্যাটায়ন মিথাইল কার্বোক্যাটায়ন

কার্বোক্যাটায়নের নামকরণের ক্ষেত্রে অ্যালকাইল মূলক বা অ্যারাইল মূলকের নামের সাথে 'ক্যাটায়ন' শব্দটিকে অন্তর্ভুক্ত করা হয়।

২. কার্বোঅ্যানায়ন বা কার্বানায়ন (Carbanion) : কার্বনের সাথে সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ কোনো পরমাণু বা গ্রুপ যদি বন্ধনের দুটি ইলেকট্রন ত্যাগ করে বিচ্ছিন্ন হয় তবে কার্বানায়নের সৃষ্টি হয়। একে সাধারণত R^- চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

$$R\!:\!Z \longrightarrow \ddot{R}^- + Z^+$$

$$O_2N-CH_2\!:\!H \longrightarrow O_2N-\bar{\ddot{C}}H_2 + H^+$$

নাইট্রোমিথেন নাইট্রোমিথাইল অ্যানায়ন

কোনো কার্বন পরমাণুর সাথে ইলেকট্রন আকর্ষণকারী গ্রুপ যেমন, $-NO_2$, $-CN$, $-CHO$, $-COOR$ ইত্যাদি যুক্ত থাকলে C – H বন্ধনের H-পরমাণুটি সহজেই প্রোটন (H^+) হিসেবে অপসারিত হয়। ফলে মিথিলিন গ্রুপযুক্ত কার্বানায়ন সৃষ্টি হয়।

$$CH_3-CH_2\!:\!MgX \longrightarrow CH_3-\bar{\ddot{C}}H_2 + MgX^+$$

রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতিপথের অন্তর্বর্তী পদার্থ হিসেবে কার্বানায়নের সৃষ্টি হয়। কার্বোক্যাটায়নের ন্যায় কার্বানায়নগুলোকে প্রাইমারি (1°), সেকেন্ডারি (2°) ও টারসিয়ারি (3°) এ তিন শ্রেণিতে ভাগ করা হয়।

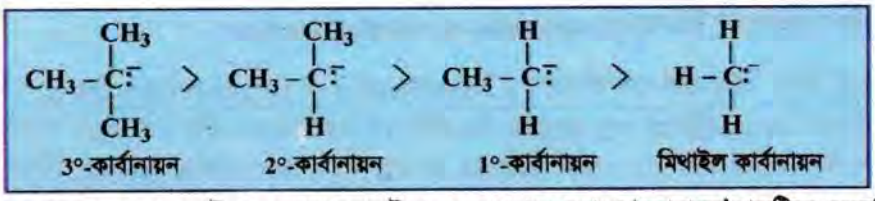
ঋণাত্মক আধানযুক্ত কার্বনের সাথে একটি কার্বন পরমাণু যুক্ত থাকলে তাকে প্রাইমারি বা 1°-কার্বানায়ন বলা হয়। যেমন, $CH_3-\bar{\ddot{C}}H_2$। 2টি কার্বন পরমাণু যুক্ত থাকলে তাকে সেকেন্ডারি বা 2°-কার্বানায়ন, যেমন $(CH_3)_2\bar{\ddot{C}}H$ এবং 3টি কার্বন পরমাণু যুক্ত থাকলে তাকে টারসিয়ারি বা 3°-কার্বানায়ন, বলা হয়। যেমন $(CH_3)_3\ddot{C}^-$।

অ্যালকাইল কার্বানায়নের স্থায়িত্ব ইনডাকটিভ প্রভাব দ্বারা ব্যাখ্যা করা যায়। + I প্রভাবযুক্ত অ্যালকাইল গ্রুপ কার্বানায়নের স্থায়িত্ব হ্রাস করে। অ্যালকাইল গ্রুপের + I প্রভাবের কারণে কার্বানায়নের ঋণাত্মক আধানযুক্ত কার্বনের ইলেকট্রনের ঘনত্ব আরও অধিকমাত্রায় বেড়ে যায়। ফলে কার্বানায়নের স্থায়িত্বের হ্রাস ঘটে। এ কারণে ঋণাত্মক আধানযুক্ত কার্বনে ইলেকট্রনের ঘনত্ব আরও বেড়ে যায়। এজন্য কার্বানায়নের স্থায়িত্ব হ্রাস পায়। সুতরাং কার্বানায়নের কার্বন পরমাণুর সাথে যত অধিক সংখ্যক অ্যালকাইল মূলক (R) যুক্ত থাকবে ততোই ঐ কার্বনায়নের স্থায়িত্ব কমে যাবে। এ কারণে মিথাইল কার্বানায়ন সবচেয়ে অধিক সুস্থিত এবং টারসিয়ারি (3°) অ্যালকাইল কার্বানায়ন সবচেয়ে কম সুস্থিত।

$$H-\underset{H}{\overset{H}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}\!:^- > CH_3-\underset{H}{\overset{H}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}\!:^- > CH_3-\underset{H}{\overset{CH_3}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}\!:^- > CH_3-\underset{CH_3}{\overset{CH_3}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}\!:^-$$

মিথাইল কার্বানায়ন ইথাইল কার্বানায়ন 2°-কার্বানায়ন 3°-কার্বানায়ন

কার্বানায়নগুলো রাসায়নিকভাবে যথেষ্ট সক্রিয়। ঋণাত্মক কার্বন পরমাণুটি ইলেকট্রন দ্বারা অষ্টক পূর্ণ থাকায় সহজেই অপর ইলেকট্রন গ্রহীতা পরমাণু বা গ্রুপকে ইলেকট্রন দান করে বন্ধন গঠনে অংশগ্রহণ করে। প্রকৃতপক্ষে এরা নিউক্লিওফাইল হিসেবে ভূমিকা রাখে। কার্বানায়নের সক্রিয়তার ক্রম এদের স্থায়িত্বের ক্রমের বিপরীত হয়। অর্থাৎ কার্বানায়নের সক্রিয়তার ক্রম :



কার্বনায়নের নামকরণের ক্ষেত্রে অ্যালকাইল মূলক বা অ্যারাইল মূলকের নামের সাথে 'অ্যানায়ন' শব্দটিকে অন্তর্ভুক্ত করা হয়।

২.১০.৩ | জৈব বিকারক (Organic Reagents)

জৈব বিকারগুলোকে সাধারণত দুটি শ্রেণিতে ভাগ করা হয়।

(ক) ইলেকট্রোফাইল বা ইলেকট্রোফিলিক বিকারক (Electrophiles or Electrophilic Reagents)

(খ) নিউক্লিওফাইল বা নিউক্লিওফিলিক বিকারক (Nucleophiles Or Nucleophilic Reagents)

(ক) ইলেকট্রোফাইল বা ইলেকট্রোফিলিক বিকারক (Electrophiles or Electrophilic Reagents) : ইলেকট্রন সল্পতাসম্পন্ন কোনো পরমাণু বা গ্রুপকে ইলেকট্রোফাইল বিকারক বলা হয়। এসব বিকারকের ক্ষেত্রে কোনো পরমাণুতে ইলেকট্রন ঘাটতি বা শূন্য অরবিটাল বর্তমান থাকে। ইলেকট্রন ঘাটতি বা শূন্য অরবিটালবিশিষ্ট বিকারক, বিক্রিয়াকারী পদার্থের সর্বোচ্চ ইলেকট্রন ঘনত্ব যুক্ত স্থানে আক্রমণ করে এবং বিক্রিয়কের সক্রিয় ইলেকট্রন জোড় গ্রহণ করে তার সাথে সমযোজী বন্ধনে যুক্ত হয়। সাধারণত এ বিকারকগুলো ধনাত্মক আধানযুক্ত অথবা প্রশম হয়। এদের প্রত্যেকেরই কোনো না কোনো পরমাণুর অন্ততপক্ষে একটি করে শূন্য বা ইলেকট্রন ঘাটতি অরবিটাল বর্তমান থাকে এবং এরা প্রত্যেকেই ইলেকট্রন জোড়ের প্রতি খুবই সক্রিয় ও আসক্ত। উদাহরণস্বরূপ :

ধনাত্মক আধান যুক্ত ইলেকট্রোফাইল : H^+, H_3O^+, $\overset{+}{N}O_2$, $\overset{+}{N}O$, $R_3\overset{+}{C}$, $\overset{+}{N}H_4$, Cl^+, Br^+, $C_6H_5-\overset{+}{N}\equiv N$ ইত্যাদি।

প্রশম ইলেকট্রোফাইল : BF_3, BCl_3, $AlCl_3$, $ZnCl_2$, $FeCl_3$, $SbCl_5$, SO_3, CO_2 ইত্যাদি।

ইলেকট্রোফাইল বিকারকগুলো জারণধর্মী হয় এবং বিক্রিয়ার সময় ইলেকট্রন জোড় গ্রহীতা হিসেবে কাজ করে বলে এরা লুইস এসিড। ইলেকট্রোফিলিক বিকারকের সক্রিয় অংশগ্রহণে যে বিক্রিয়া ঘটে তাকে ইলেকট্রোফিলিক বিক্রিয়া বলা হয়। ইলেকট্রোফিলিক বিক্রিয়া দুই প্রকারের হয়–

১. ইলেকট্রোফিলিক যুত বিক্রিয়া (Electrophilic addition reaction)

২. ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (Electrophilic substitution reaction)

(খ) নিউক্লিওফাইল বা নিউক্লিওফিলিক বিকারক (Nucleophiles Or Nucleophilic Reagents) : যেসব বিকারকের কোনো পরমাণুতে অন্ততপক্ষ একটি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় বর্তমান তাদেরকে নিউক্লিওফাইল বা নিউক্লিওফিলিক বিকারক বলা হয়। এ বিকারকগুলোর মধ্যে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় বর্তমান থাকায় এদের ইলেকট্রন ঘনত্ব বেশি হয়। এরা অতিসহজে ধনাত্মক আধানযুক্ত মূলক বা ইলেকট্রন শূন্য অরবিটালে অথবা বিক্রিয়াকারী অণুর সবচেয়ে কম ইলেকট্রন ঘনত্ব বিশিষ্ট কেন্দ্রে আক্রমণ করে। এরা ইলেকট্রন দান করে সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ হয়। নিউক্লিওফাইল ঋণাত্মক আধানযুক্ত অথবা প্রশম হতে পারে। উদাহরণস্বরূপ :

ঋণাত্মক আধানযুক্ত নিউক্লিওফাইল : H^-, $\bar{B}H_4$, HSO_3^-, $\bar{O}H$, RO^-, CN^-, NH_2^-, RS^-, RCO_2^-, Cl^-, Br^- ইত্যাদি।

প্রশম নিউক্লিওফাইল : $\ddot{N}H_3$, $H_2\ddot{O}$, $R-\ddot{N}H_2$, $R\ddot{O}H$, $R_3\ddot{N}$, $\ddot{P}H_3$ ইত্যাদি।

প্রশম নিউক্লিওফাইল অপেক্ষা ওর ঋণাত্মক আধানযুক্ত নিউক্লিওফাইলগুলো অধিক সক্রিয় হয়। যেমন H_2O অপেক্ষা OH^- এবং CH_3OH অপেক্ষা CH_3O^- অধিক সক্রিয় হয়। নিউক্লিওফাইল বিকারকগুলো বিজারণধর্মী হয়। এরা অন্য পরমাণুকে ইলেকট্রন জোড় দান করে বলে এদেরকে লুইস ক্ষারক বলা হয়। নিউক্লিওফিলিক বিক্রিয়া দুই প্রকারের হয়–

১. নিউক্লিওফিলিক যুত বিক্রিয়া (Nucleophilic addition reaction)

২. নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (Nucleophilic substitution reaction)

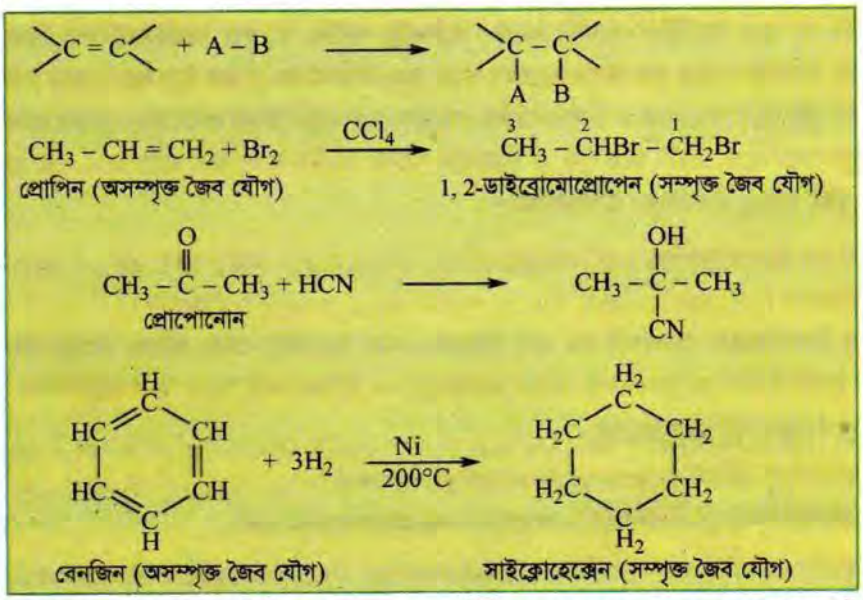
▶▶ ২.১০.৪ জৈব বিক্রিয়ার শ্রেণিবিভাগ (Classification of Organic Reactions)

জৈব অণুর বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে বিক্রিয়ক অণু মধ্যস্থিত সমযোজী বন্ধনের বিভাজন ঘটে এবং নতুন সমযোজী বন্ধনের সৃষ্টির মাধ্যমে নতুন জৈব যৌগের সৃষ্টি হয়। যেসব বিক্রিয়ার মাধ্যমে নতুন জৈব যৌগের সৃষ্টি হয়, সেসব বিক্রিয়ার প্রকৃতি অনুযায়ী জৈব বিক্রিয়াগুলোকে প্রধানত চার ভাগে ভাগ করা হয়।

১. সংযোজন বিক্রিয়া (Addition reaction)
২. প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (Substitution reaction)
৩. অপসারণ বিক্রিয়া (Elimination reaction)
৪. সমাণুকরণ বিক্রিয়া বা পুনর্বিন্যাস (Rearrangement)

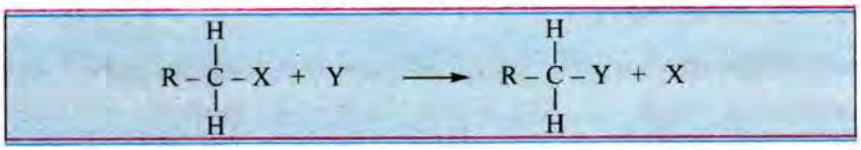
১. সংযোজন বিক্রিয়া (Addition reaction) : অসম্পৃক্ত জৈব যৌগের অণুতে এ জাতীয় বিক্রিয়া সংঘটিত হয়। জৈব যৌগের অণুর অসম্পৃক্ত স্থানে অর্থাৎ দ্বিবন্ধন বা ত্রিবন্ধনের স্থানে যেমন, $>C=C<$, $-C\equiv C-$, $-C\equiv N$, $>C=O$ নতুন কোনো পরমাণু বা গ্রুপ যুক্ত হয়। সংযোজন বিক্রিয়ার ফলে জৈব অণুর অসম্পৃক্ততার হ্রাস ঘটে অথবা অসম্পৃক্ততা সম্পূর্ণভাবে অপসারিত হয়ে উহা সম্পৃক্ত যৌগে পরিবর্তিত হয়।

উদাহরণস্বরূপ :



ইলেকট্রোফাইল ও নিউক্লিওফাইলের উপস্থিতিতে যে সংযোজন বিক্রিয়া সম্পন্ন হয় তাদেরকে যথাক্রমে ইলেকট্রোফিলিক সংযোজন বিক্রিয়া এবং নিউক্লিওফিলিক সংযোজন বিক্রিয়া বলা হয়।

২. প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (Substitution reaction) : এ বিক্রিয়ার মাধ্যমে জৈব যৌগের অণুর মধ্যস্থিত কোনো পরমাণু বা গ্রুপ অপসারিত হয় এবং ঐ স্থানে অপর কোনো গ্রুপ বা পরমাণু সংযুক্ত হয়। যেমন–



$$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3 - Cl + HCl$$

$$CH_3 - Cl + KCN \longrightarrow CH_3 - CN + KCl$$

মিথাইল ক্লোরাইড — মিথাইল সায়ানাইড

$$CH_3 - \underset{CH_3}{\overset{CH_3}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}} - Cl + H_2O \longrightarrow CH_3 - \underset{CH_3}{\overset{CH_3}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}} - OH + HCl$$

2-ক্লোরো-2-মিথাইলপ্রোপেন — 2-মিথাইলপ্রোপ-2-নল

জৈব যৌগের বিক্রিয়ার কৌশল অনুসারে মুক্ত মূলক অথবা আয়নিয় বিকারক উভয়ের মাধ্যমেই প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া সংঘটিত হতে পারে। আয়নিয় বিক্রিয়ক অর্থাৎ ইলেকট্রোফাইল এবং নিউক্লিওফাইলের উপস্থিতিতে যে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া সম্পন্ন হয় তাদেরকে যথাক্রমে ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (Electrophilic substitution reaction) এবং নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (Nucleophilic substitution reaction) বলা হয়।

৩. অপসারণ বিক্রিয়া (Elimination reaction) : কোনো জৈব যৌগের অণু থেকে দুটি পরমাণু বা দুটি গ্রুপ অথবা একটি পরমাণু ও একটি গ্রুপ অপসারিত হলে তাকে অপসারণ বিক্রিয়া বলা হয়। এর ফলে জৈব অণুতে দ্বিবন্ধন অথবা ত্রিবন্ধনের সৃষ্টি হয় এবং জৈব অণুটি অসম্পৃক্ত জৈব যৌগে পরিবর্তিত হয়। যদি এ অপসারণ পাশাপাশি কার্বন পরমাণু থেকে হয় তবে তাকে β অপসারণ বা 1, 2-অপসারণ বলা হয়। আর যদি দুটি পরমাণু বা গ্রুপ একই কার্বন পরমাণু থেকে অপসারিত হয় তবে তাকে α-অপসারণ বা 1, 1-অপসারণ বিক্রিয়া বলা হয়।

উদাহরণস্বরূপ :

$$-\underset{|}{\overset{X}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-\underset{|}{\overset{|}{\underset{Y}{C}}}- \longrightarrow \rangle C = C \langle + XY \quad (\beta\text{-অপসারণ})$$

$$\overset{1}{CH_3} - \overset{2}{\underset{Br}{CH}} - \overset{3}{CH_3} + KOH \xrightarrow[\text{তাপ}]{\text{অ্যালকোহল}} CH_3 - CH = CH_2 + KBr + H_2O$$

2-ব্রোমো প্রোপেন (সম্পৃক্ত) — প্রোপিন (অসম্পৃক্ত)

$$CH_3 - \underset{Cl}{CH} - \underset{Cl}{CH_2} \xrightarrow[\text{তাপ}]{Zn} CH_3 - CH = CH_2 + ZnCl_2$$

৪. সমাণুকরণ বিক্রিয়া বা পুনর্বিন্যাস (Rearrangement) : এ বিক্রিয়ার ফলে জৈব যৌগের একটি পরমাণু বা গ্রুপ তার নিজ অবস্থান থেকে অপসারিত হয়ে ঐ যৌগের ভিন্ন অবস্থানে স্থানান্তরিত হয়ে উৎপাদ উৎপন্ন করে। তাপ বা অনুঘটক বা অন্যকোনো বিকারকের উপস্থিতিতে এ জাতীয় বিক্রিয়া সম্পন্ন হয়। যেমন–

$$\underset{CH_3}{\overset{C_6H_5}{\diagdown\!\!\diagup}}C = \ddot{N} - OH \overset{[H^+]}{\rightleftharpoons} \underset{CH_3}{\overset{C_6H_5}{\diagdown\!\!\diagup}}C = N - \overset{+}{O}H_2 \rightleftharpoons C_6H_5 - \overset{O}{\overset{\|}{C}} - NHCH_3$$

২.১১ অ্যালিফেটিক ও অ্যারোমেটিক যৌগের সংযোজন, প্রতিস্থাপন, অপসারণ ও সমাণুকরণ বিক্রিয়া, বেনজিনের বহু প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ও ওরিয়েন্টেশন

২.১১.১ অ্যালিফেটিক যৌগের সংযোজন বিক্রিয়া (Addition Reaction of Aliphatic Compounds)

অ্যালিফেটিক যৌগের মুক্ত শিকল যুক্ত যৌগ বিশেষ করে অসম্পৃক্ত জৈব যৌগ ইলেকট্রোফিলিক সংযোজন বিক্রিয়া প্রদর্শন করে থাকে। এক্ষেত্রে অ্যালকিন শ্রেণি যৌগ ও অ্যালকাইন শ্রেণি যৌগ বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য।

অ্যালকিনের সংযোজন বিক্রিয়া : H_2, X_2, HX, HOX, O_3 ও গাঢ় H_2SO_4 প্রভৃতি বিকারক অ্যালকিনের কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধনের সাথে সংযোজন বিক্রিয়ার মাধ্যমে যুত যৌগ গঠন করে থাকে। বিক্রিয়াকালে অ্যালকিনের π বন্ধন ভেঙে যায়।

$$R-CH=CH_2 + H_2 \xrightarrow[150^\circ C]{\text{প্রভাবক Ni}} R-CH_2-CH_3$$

অ্যালকিনের সংযোজন বিক্রিয়ার কৌশল : কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধনের π-ইলেকট্রনদ্বয় সঞ্চরণশীল। অ্যালকিনের কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনের π ইলেকট্রন ইলেকট্রোফাইল বিকারকের নিকট ইলেকট্রন দাতা গ্রুপ হিসেবে আচরণ করে। বিকারকসমূহ পোলার অথবা অপোলার যা হোক না কেন এরা অ্যালকিনের π ইলেকট্রনের প্রভাবে ধনাত্মক ও ঋণাত্মক দুই অংশে বিভক্ত হয়ে পড়ে। বিক্রিয়কের ধনাত্মক অংশ (A^+) অ্যালকিনের দ্বি-বন্ধনের কাছে ইলেকট্রোফাইল হিসেবে আগমনের ফলে দ্বি-বন্ধনের π ইলেকট্রনদ্বয় বিকারকের ধনাত্মক অংশের প্রতি আবেশিত হয়। ফলে অ্যালকিনের যে কার্বনের নিকট বিকারকের ধনাত্মক অংশ আসে ঐ কার্বন ঋণাত্মক চার্জযুক্ত হয় এবং বিকারক ইলেকট্রোফাইল এর সাথে তৎক্ষণাৎ যুক্ত হয়। অ্যালকিনের দ্বি-বন্ধনের অপর কার্বন ক্ষণস্থায়ী কার্বোনিয়াম আয়ন (C^+) এর সৃষ্টি হয় এবং অতিদ্রুত তা বিকারকের ঋণাত্মক অংশ (B^-) বা নিউক্লিওফিলিক অংশের সাথে যুক্ত হয়ে সংযোজন বিক্রিয়া সম্পন্ন করে যুত যৌগ গঠন করে।

$$\underset{\text{(অ্যালকিন)}}{>C=C<} + A^+ \longrightarrow \underset{\text{(অস্থায়ী কার্বোনিয়াম আয়ন)}}{>\overset{+}{C}-\overset{|}{C}-A} \xrightarrow[\text{খুব দ্রুত}]{+(B^-)} \underset{\text{(যুত যৌগ)}}{B-\overset{|}{C}-\overset{|}{C}-A}$$

উদাহরণ : $CH_2=CH_2 + H\overset{+}{C}l \longrightarrow \underset{\text{(ইথাইল কার্বোনিয়াম আয়ন)}}{CH_2-CH_3} + Cl^- \xrightarrow{\text{খুব দ্রুত}} ClCH_2-CH_3$

এ নিয়েমে HOCl, HOBr, HBr, H_2SO_4 প্রভৃতি বিকারকের ধনাত্মক অংশ ইলেকট্রোফাইল হিসেবে অ্যালকিনের সাথে বিক্রিয়া করে প্রাথমিকভাবে কার্বোনিয়াম আয়ন গঠন করে এবং শেষে বিকারকের ঋণাত্মক অংশ কার্বোনিয়াম আয়নের সাথে যুক্ত হয়ে যুত যৌগ উৎপন্ন করে থাকে।

অ্যালকিনের দ্বি-বন্ধনযুক্ত কার্বন পরমাণু দুটির সাথে অসম সংখ্যক H পরমাণু যুক্ত থাকলে তাদেরকে অপ্রতিসম অ্যালকিন বলে। অপ্রতিসম অ্যালকিনের ক্ষেত্রে বিক্রিয়কের ইলেকট্রোফাইল গ্রুপ যে কার্বনের সাথে হাইড্রোজেনের সংখ্যা বেশির ভাগ ক্ষেত্রে (90%) সেখানে যুক্ত হয়ে থাকে। তবে যে কার্বনের সাথে হাইড্রোজেনের সংখ্যা স্বল্পমাত্রায় (10%) সেখানে ইলেকট্রোফাইল গ্রুপ যুক্ত হয়ে থাকে। যেমন–

$$R-CH=CH_2 + \overset{+}{H}\overset{-}{Br} \longrightarrow \begin{cases} R-CH_2-CH_2Br\ (10\%) \\ R-CHBr-CH_3\ (90\%) \end{cases}$$

এক্ষেত্রে রুশ বিজ্ঞানী মারকনিকভ (1870) একটি সূত্র দেন, যা মারকনিকভের সূত্র নামে পরিচিত। সূত্রটি এরূপ, **"অপ্রতিসম অসম্পৃক্ত জৈব যৌগের সাথে অপ্রতিসম বিকারকের সংযোজন বিক্রিয়ায় বিকারক অণুর ঋণাত্মক অংশ সাধারণত কম সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত অসম্পৃক্ত কার্বন পরমাণুতে যুক্ত হয়।"**

উদাহরণ :

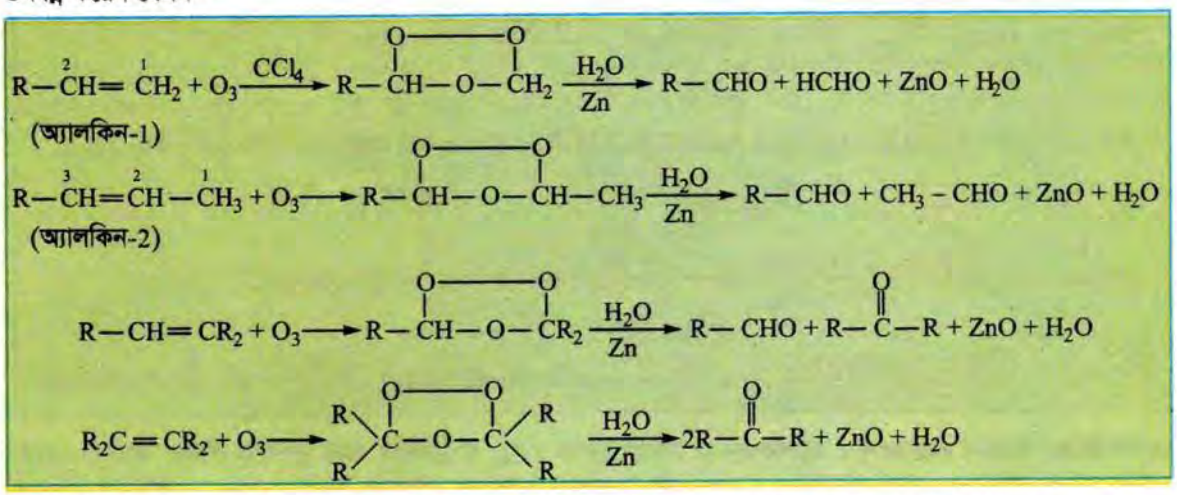
$$2CH_3-CH=CH_2 + 2HBr \longrightarrow \begin{cases} CH_3-CH_2-CH_2Br\ (10\%) \\ CH_3-CHBr-CH_3\ (90\%) \end{cases}$$

তবে পরবর্তীকালে আমেরিকান বিজ্ঞানী এম. এস. খারাস (1933) পরীক্ষা করে প্রমাণ করেন অ্যালকাইল পারঅক্সাইড (ROOR) এর উপস্থিতিতে মারকনিকভের নিয়মের বিপরীত নিয়ম ঘটে থাকে। যেমন–

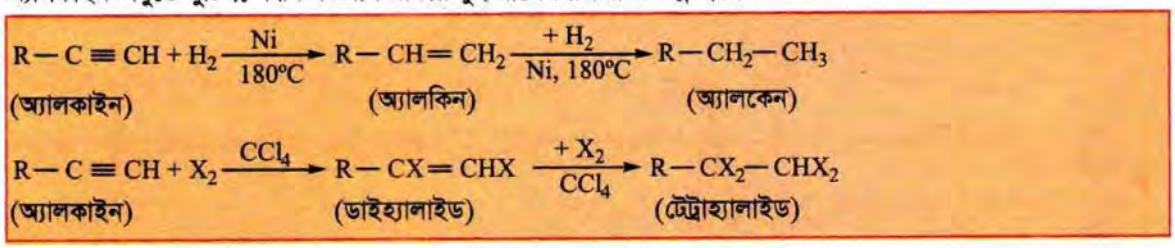
$$2CH_3-CH=CH_2 + 2HBr \xrightarrow{ROOR} \begin{cases} CH_3-CH_2-CH_2Br\ (99.1\%) \\ CH_3-CHBr-CH_3\ (0.9\%) \end{cases}$$

খারাসের সূত্রটি– "জৈব পারঅক্সাইডের উপস্থিতিতে অপ্রতিসম অ্যালকিনের সাথে অপ্রতিসম বিকারকের যুত বিক্রিয়ায় বিকারক অণুর তড়িৎ ঋণাত্মক অংশ দ্বিবন্ধন যুক্ত কার্বন পরমাণুদ্বয়ের যে কার্বনে অধিক সংখ্যক H পরমাণু উপস্থিত সে কার্বন পরমাণুতে যুক্ত হয়।"

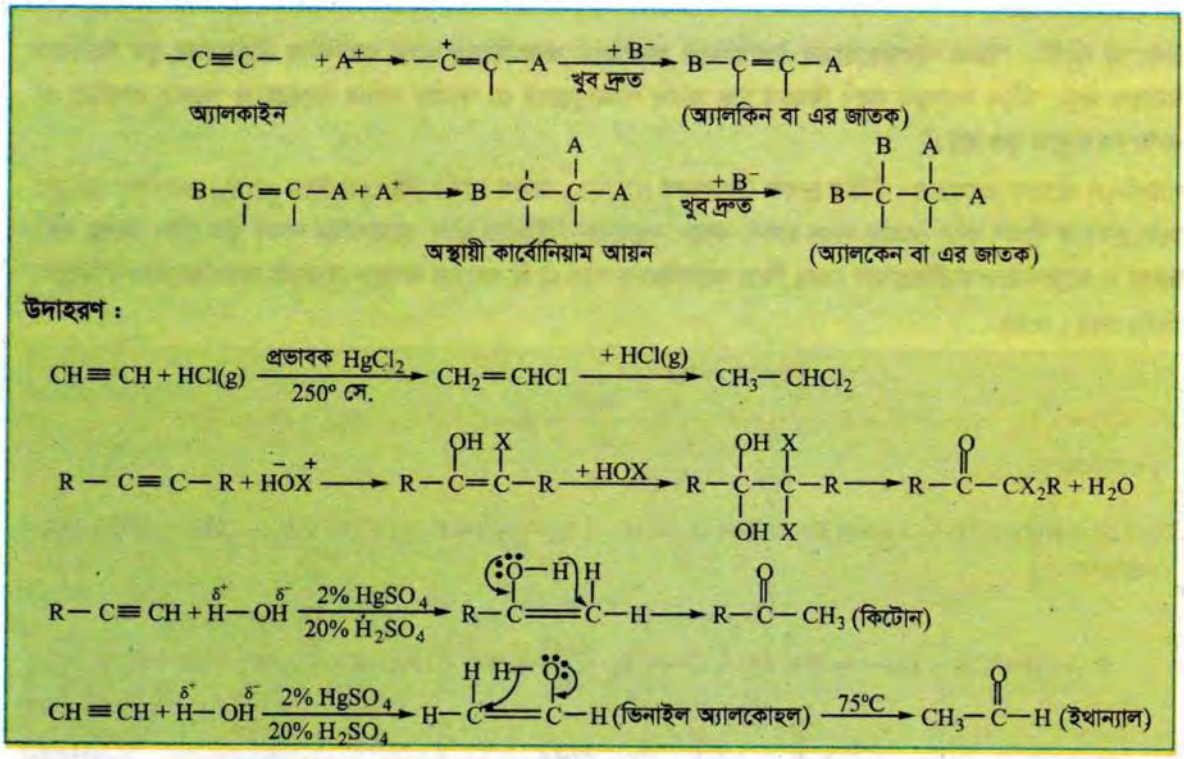
অ্যালকিনে ওজোন সংযোজন : নিষ্ক্রিয় দ্রাবক ক্লোরোফর্ম ($CHCl_3$) অথবা কার্বন টেট্রাক্লোরাইডে (CCl_4) অ্যালকিন দ্রবীভূত করে, দ্রবণকে শীতল করে ওজোন গ্যাস চালনা করলে সংযোজন বিক্রিয়ার ফলে ওজোনাইড নামক যুত যৌগ উৎপন্ন হয়। অবশ্য এ ওজোনাইড আর্দ্রবিশ্লেষণে ভেঙে গিয়ে অ্যালকিনের গঠন এ দ্বি-বন্ধনের অবস্থান অনুযায়ী অ্যালডিহাইড ও কিটোন উৎপন্ন করে। যেমন–



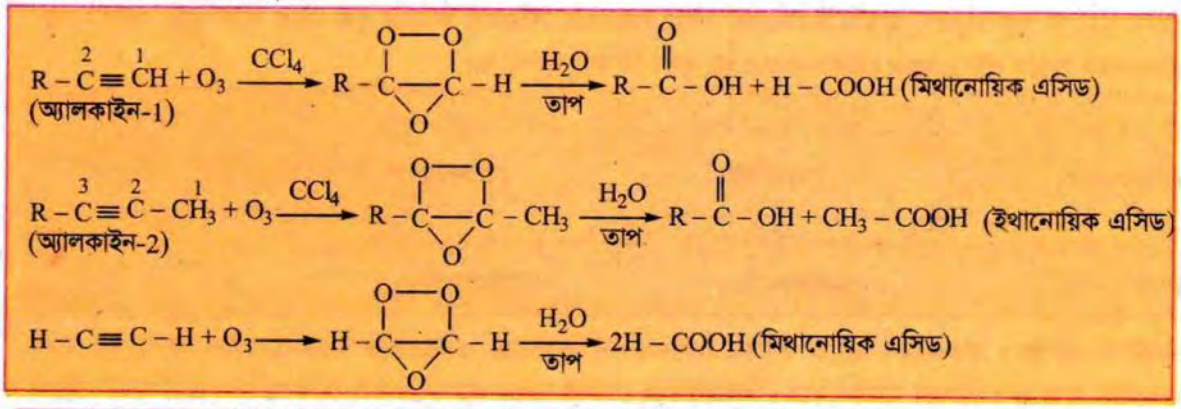
অ্যালকাইনের সংযোজন বিক্রিয়া : অ্যালকাইন অণুতে কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধন বর্তমান থাকায় তা অতিসহজে H_2, X_2, HX, HOX, O_3 ও গাঢ় H_2SO_4 প্রভৃতি বিকারকের সাথে সংযোজন বিক্রিয়ার মাধ্যমে যুত যৌগ গঠন করে থাকে। তবে অ্যালকাইন অণুতে দুটি π বন্ধন বর্তমান থাকায় দুই ধাপে বিক্রিয়া সম্পন্ন হয়।



বিক্রিয়ার কৌশল : অ্যালকাইন অণুতে উপস্থিত কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধনের π ইলেকট্রন ইলেকট্রোফাইল বিকারকের নিকট ইলেকট্রন দাতা গ্রুপ হিসেবে আচরণ করে। বিকারকসমূহ পোলার অথবা অপোলার যাই হোক না কেন এরা অ্যালকাইনের π ইলেকট্রনের প্রভাবে ধনাত্মক ও ঋণাত্মক দুই অংশে বিভক্ত হয়ে পড়ে। তবে প্রক্রিয়াটি দুই ধাপে সম্পন্ন হয়। বিক্রিয়কের ধনাত্মক অংশ (A^+) অ্যালকাইনের ত্রিবন্ধনের কাছে ইলেকট্রোফাইল হিসেবে আগমনের ফলে ত্রিবন্ধনের π ইলেকট্রনদ্বয় বিকারকের ধনাত্মক অংশের প্রতি আবেশিত হয়। ফলে অ্যালকাইনের যে কার্বনের নিকট বিকারকের ধনাত্মক অংশ আসে ঐ কার্বন ঋণাত্মক চার্জযুক্ত হয় এবং বিকারক ইলেকট্রোফাইল এর সাথে তৎক্ষণাৎ যুক্ত হয়। অ্যালকাইনের ত্রিবন্ধনের অপর কার্বন ক্ষণস্থায়ী কার্বোনিয়াম আয়ন (C^+) এর সৃষ্টি হয় এবং অতিদ্রুত তা বিকারকের ঋণাত্মক অংশ (B^-) বা নিউক্লিওফিলিক অংশের সাথে যুক্ত হয়ে সংযোজন বিক্রিয়া সম্পন্ন করে যুত যৌগ গঠন করে। পরবর্তীতে একইভাবে বাকী π বন্ধনটি ভেঙে সংযোজন বিক্রিয়ার মাধ্যমে একই প্রক্রিয়ায় যুত যৌগ গঠন করে থাকে। $A—B \longrightarrow A^+ + B^-$



অ্যালকাইনের ওজোন সংযোজন : অ্যালকাইনকে নিষ্ক্রিয় দ্রাবক CCl_4 এ দ্রবীভূত করে দ্রবণকে শীতল করে O_3 গ্যাস চালনা করলে সংযোজন বিক্রিয়ার মাধ্যমে ওজোনাইড যৌগের সৃষ্টি হয়। উৎপন্ন ওজোনাইডকে আর্দ্রবিশ্লেষণ করলে কার্বোক্সিলিক এসিড উৎপন্ন হয়।



চিন্তা করে উত্তর দাও – ২.২০ :

১. বিউট-1-আইন এর ওজোনিকরণের শেষে উৎপন্ন যৌগটিকে আর্দ্রবিশ্লেষণ করে দুটি অসম কার্বোক্সিলিক এসিড উৎপন্ন হলেও বিউট-2-আইন এর ক্ষেত্রে একই জাতীয় কার্বোক্সিলিক এসিড পাওয়া যায় কেন?

২. বিউট-1-ইন এর ওজোনিকরণের শেষে উৎপন্ন যৌগটিকে আর্দ্র বিশ্লেষণ করে দুটি অসম অ্যালডিহাইড উৎপন্ন হলেও বিউট-2-ইন এর ক্ষেত্রে একই জাতীয় অ্যালডিহাইড পাওয়া যায় কেন?

৩. 2, 3-ডাইমিথাইল বিউট -2-ইন এর ওজোনীকরণের ফলে উৎপন্ন যৌগ শুধু কিটোন হলেও 2-মিথাইল বিউট-2-ইন এর ওজোনীকরণের ফলে উৎপন্ন যৌগ অ্যালডিহাইড ও কিটোনের মিশ্র যৌগ হয় কেন?

২.১১.২ অ্যালিফেটিক যৌগের প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (Substitution Reaction of Aliphatic Compounds)

অ্যালিফেটিক যৌগ অ্যালকেন এর ক্ষেত্রে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় R – H এর এক বা একাধিক H পরমাণু হ্যালোজেন, $-NO_2$, $-SO_3H$ প্রভৃতি গ্রুপ ছাড়া প্রতিস্থাপিত হয়ে প্রতিস্থাপিত অ্যালকেন যৌগ গঠন করে থাকে।

$$\underset{\text{(অ্যালকেন)}}{R-H} \xrightarrow[+A]{-H} \underset{\text{(প্রতিস্থাপিত অ্যালকেন)}}{R-A}$$ এখানে, A = – Cl, – Br, – I, $-NO_2$, $-SO_3H$ ইত্যাদি।

$$R-CH_2-H + X_2 \xrightarrow[400°C]{\text{আলো}} R-CH_2-X + HX$$

$$R-CH_2-H + HNO_{3\ \text{গাঢ়}} \xrightarrow{400°C} R-CH_2-NO_2 + H_2O$$

অ্যালকিন অসম্পৃক্ত জৈব যৌগ। এর অণুতে π বন্ধন বর্তমান থাকায় এটি প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া প্রদর্শন করে না। তবে অ্যালকাইন অণুতে দুটি π বন্ধন থাকা সত্ত্বেও অ্যালকাইন-1 এর অম্লধর্মিতা গুণের কারণে এর হাইড্রোজেন Na, Ag, Cu ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। যেমন

$$2R-\overset{2}{C}\equiv\overset{1}{C}H(g) + 2Na(s) \xrightarrow{\text{তরল } NH_3} 2R-C\equiv CNa(s) + H_2$$

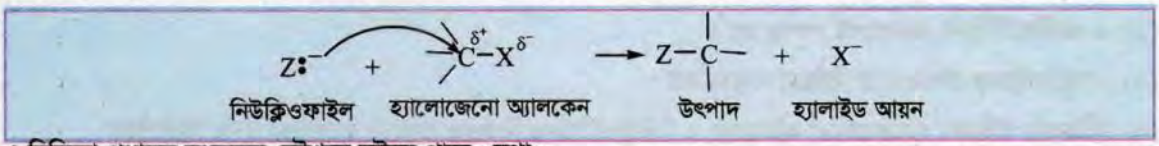
$$R-C\equiv CH + [Ag(NH_3)_2]^+NO_3^-(aq) \longrightarrow R-C\equiv CAg(s) + NH_4NO_3 + NH_3$$

$$R-C\equiv CH(g) + [Cu(NH_3)_2]^+Cl^-(aq) \longrightarrow R-C\equiv CCu(s) + NH_4Cl + NH_3$$

মনে রাখবে : অ্যালকাইন-1 যৌগের হাইড্রোজেন পরমাণু ($-C\equiv C-H$) অম্লধর্মী হয়। কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধনের ক্ষেত্রে কার্বন পরমাণুতে sp-সংকরায়ন ঘটে। sp-সংকরিত অরবিটালের মধ্যে কার্বনের অন্যান্য সংকরিত অরবিটালের তুলনায় s-অরবিটালের চরিত্রের অনুপাত বেড়ে যায়। এ অবস্থায় sp-সংকরিত অরবিটালের সাথে H-পরমাণুর s-অরবিটালের অধিক্রমণের ফলে C – H বন্ধনের সৃষ্টি হয়। C – H বন্ধনে sp – s অরবিটাল ইলেকট্রন মেঘ ধীরে ধীরে C-পরমাণুর দিকে অধিকভাবে আকৃষ্ট হয় বলে প্রোটন দান করার প্রবণতা ক্রমশ বৃদ্ধি পায়। এ কারণে অ্যালকাইন-1 মৃদু অম্লধর্ম প্রদর্শন করে।

চিন্তা করে উত্তর দাও – ২.২১ :
বিউট-1-আইন এর হাইড্রোজেন পরমাণু বিশেষ শর্তে Na, Ag, Cu দ্বারা প্রতিস্থাপিত হলেও বিউট-2-আইন এর 6 টি হাইড্রোজেন পরমাণুর কোনো হাইড্রোজেনই প্রতিস্থাপিত হয় না – কেন?

অ্যালিফেটিক নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (Aliphatic Nucleophilic Substitution Reactions) : ঋণাত্মক আধানযুক্ত শক্তিশালী নিউক্লিওফিলিক বিকারক যেমন $\ddot{O}H^-$, $\ddot{O}R^-$, $C\ddot{N}^-$, $R-C\ddot{O}O^-$ ও নিরপেক্ষ অণু যেমন, $H_2\ddot{O}$, $R-\ddot{O}H$, $\ddot{N}H_3$, $R-\ddot{N}H_2$ প্রভৃতি অ্যালকাইল হ্যালাইড থেকে হ্যালাইড আয়ন (X^-) কে অপসারিত করে নিজেরা অ্যালকাইল কার্বনের সাথে যুক্ত হয়। অর্থাৎ নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন (S_N) বিক্রিয়া ঘটে। এরূপ বিক্রিয়াকে নিম্নরূপে দেখানো হয় :



এ বিক্রিয়া প্রধানত দুধরনের কৌশলে ঘটতে পারে। যথা :

১. এক আণবিক নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন (S_N1) ও ২. দ্বি-আণবিক নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন (S_N2)।

১. এক আণবিক নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (S_N1) : একটি মাত্র বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার ওপর কোনো নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার গতি নির্ভরশীল হলে এরূপ বিক্রিয়াকে এক আণবিক নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (S_N1) বলা হয়ে থাকে।

বৈশিষ্ট্য :

(১) এ জাতীয় নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন দুই ধাপে ঘটে।

(২) 3°-হ্যালাইডের ক্ষেত্রে S_N1 বিক্রিয়া সহজে ঘটে।

(৩) পোলার দ্রাবকে S_N1 সহজে ঘটে।

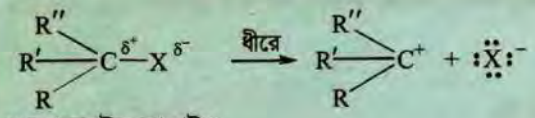
(৪) বিক্রিয়াটি প্রথম ক্রম বিক্রিয়া।

(৫) কার্বোক্যাটায়নের সৃষ্টি হয়।

(৬) অবস্থান্তর অবস্থার সৃষ্টি হয় না।

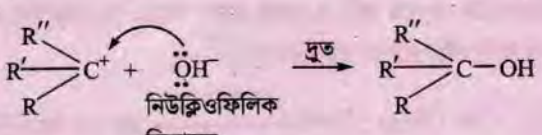
(৭) জ্যামিতিক গঠন অপরিবর্তিত থাকে।

১ম ধাপে :



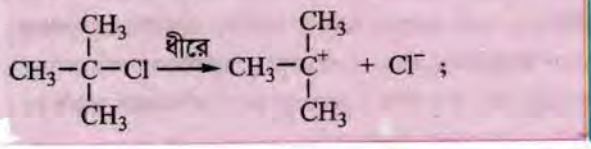
3° অ্যালকাইল হ্যালাইড

২য় ধাপে :

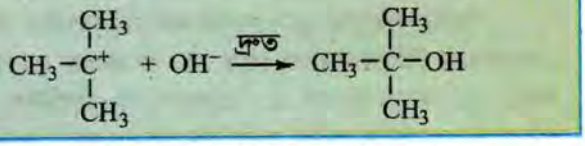


উদাহরণ : KOH এর জলীয় দ্রবণে 2-ক্লোরো-2-মিথাইল প্রোপেন আর্দ্রবিশ্লেষণ S_N1 বিক্রিয়া অনুসরণ করে।

১ম ধাপ :



২য় ধাপ :



অ্যালকাইল হ্যালাইডের S_N1 বিক্রিয়া সক্রিয়তার ক্রম : **$3°RX > 2°RX > 1°RX > CH_3 - X$.**

একই অ্যালকাইল গ্রুপের ক্ষেত্রে বিভিন্ন হ্যালোজেন পরমাণুর বিক্রিয়া করার প্রবণতার ক্রম :

$R - F < R - Cl < R - Br < R - I$

অর্থাৎ $CH_3 - CH_2 - F < CH_3 - CH_2 - Cl < CH_3 - CH_2 - Br < CH_3 - CH_2 - I$

২. দ্বি-আণবিক নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (S_N2) : অ্যালকাইল হ্যালাইড ও নিউক্লিওফিলিক উভয়ের ঘনমাত্রার উপর যে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার গতিবেগ নির্ভরশীল এরূপ বিক্রিয়াকে দ্বি-আণবিক নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (S_N2) বলা হয়ে থাকে।

বৈশিষ্ট্য :

(১) এ জাতীয় বিক্রিয়া একধাপেই সম্পন্ন হয়।

(২) 1° হ্যালাইডের ক্ষেত্রে S_N2 বিক্রিয়া সহজে ঘটে।

(৩) বিক্রিয়ার গতিবেগ হ্যালোজেনো অ্যালকেন ও নিউক্লিওফিলিক বিকারক উভয়ের ঘনমাত্রার উপর নির্ভরশীল।

(৪) বিক্রিয়াটি দ্বিতীয় ক্রম।

(৫) কোনোরূপ কার্বোক্যাটায়নের বা অ্যানায়নের সৃষ্টি হয় না।

(৬) অবস্থান্তর জটিল অবস্থার সৃষ্টি হয়।

(৭) জ্যামিতিক গঠন সম্পূর্ণ বিপরীত হয়ে যায়।

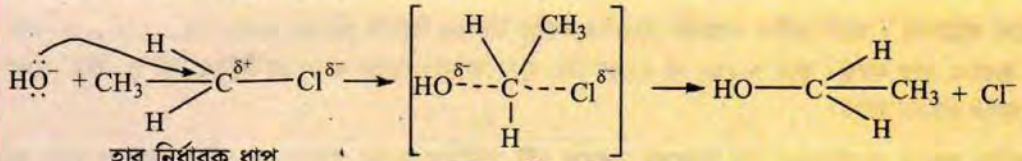
বিক্রিয়ার কৌশল :



অবস্থান্তর জটিল অবস্থা

উদাহরণ : KOH এর জলীয় দ্রবণে $CH_3–CH_2–Cl$ এর আর্দ্রবিশ্লেষণের ফলে ইথানল উৎপন্ন হয়।

$$CH_3 - CH_2 - Cl + KOH \rightarrow CH_3 - CH_2OH + KCl$$



হার নির্ধারক ধাপ

অবস্থান্তর জটিল অবস্থা

এ বিক্রিয়াটি S_N2 বিক্রিয়াকে অনুসরণ করে।

অ্যালকাইল হ্যালাইড S_N2 বিক্রিয়ার সক্রিয়তার ক্রম : CH_3X > 1°RX > 2°RX > 3°RX.

একটি নির্দিষ্ট অ্যালকাইল গ্রুপের ক্ষেত্রে বিভিন্ন হ্যালোজেন পরমাণুর বিক্রিয়া করার প্রবণতার ক্রম :

$$R - I > R - Br > R - Cl > R - F$$

মনে রাখবে : নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া S_N1 অথবা S_N2 বিক্রিয়ার কৌশল অনুসরণ করে সম্পন্ন হয়। সাধারণত প্রাইমারি (1°) অ্যালকাইল হ্যালাইডগুলো S_N2 বিক্রিয়ার কৌশল এবং টারসিয়ারি (3°) অ্যালকাইল হ্যালাইডগুলো S_N1 বিক্রিয়ার কৌশল অনুসরণ করে নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া সম্পন্ন করে। সেকেন্ডারি (2°) অ্যালকাইল হ্যালাইডগুলো S_N1 এবং S_N2 উভয় বিক্রিয়ার কৌশল অনুসরণ করে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া সম্পন্ন করে। সেকেন্ডারি (2°) হ্যালাইড S_N1 অথবা S_N2 কোন প্রকৃতির বিক্রিয়া অনুসরণ করবে তা অ্যালকাইল হ্যালাইড এবং নিউক্লিওফাইলের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে।

টারসিয়ারি অ্যালকাইল হ্যালাইড বা 3° অ্যালকাইল হ্যালাইড উর্টজ বিক্রিয়া প্রদর্শন করে না। উর্টজ বিক্রিয়ার দ্বিতীয় ধাপে S_N2 বিক্রিয়া সম্পন্ন হয়।

$$R - \overset{+}{Na} + R - X \xrightarrow{S_N2} R - R + NaX$$

এ কারণে টারসিয়ারি অ্যালকাইল হ্যালাইড S_N2 বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে না।

২.১১.৩ অ্যালিফেটিক যৌগের অপসারণ বিক্রিয়া (Elimination Reactions of Aliphatic Compounds)

অপসারণ বিক্রিয়া অ্যালিফেটিক অ্যালকাইল হ্যালাইডের একটি বৈশিষ্ট্যপূর্ণ বিক্রিয়া। অ্যালকাইল হ্যালাইডকে ইথানলীয় পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইডসহ উত্তপ্ত করলে তা থেকে HX অপসারিত হয়ে অর্থাৎ ডিহাইড্রো হ্যালোজেনেশন ঘটে অ্যালকিন উৎপন্ন করে থাকে। যেমন

$$R - CH_2 - CH_2 - X + KOH(alc) \xrightarrow{\text{তাপ}} R - CH = CH_2 + KX + H_2O.$$

এক্ষেত্রে অ্যালকাইল হ্যালাইডের গঠনের ওপর উৎপাদ এর প্রকৃতি নির্ভর করে। অ্যালকাইল হ্যালাইড চেইন শাখায়িত হলে অ্যালকিন উৎপন্ন হয় এবং সরল চেইন হলে ইথার উৎপন্ন হওয়ার প্রবণতা অধিক থাকে।

উদাহরণস্বরূপ :

১. $CH_3-\underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{CH}}-CH_3 + KOH(alc) \xrightarrow{\text{তাপ}} CH_3 - CH = CH_2 + KBr + H_2O.$

২. $CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{\overset{\overset{Br}{|}}{C}}-CH_3 + KOH\,(alc) \xrightarrow{\text{তাপ}} CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}= CH_2 + KBr + H_2O.$

৩. $2CH_3-CH_2-Br + 2KOH \xrightarrow{\text{তাপ}} CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_3\,(90\%) + 2KBr + H_2O.$

তৃতীয় বিক্রিয়াটির ক্ষেত্রে অ্যালকিনের প্রথম সদস্য ইথিন ($CH_2 = CH_2$) উৎপন্ন হয় প্রায় 10%. তাই মূল উৎপাদ ইথারকে দেখানো হয়েছে।

মনে রাখা প্রয়োজন : অ্যালিফেটিক অপসারণ বিক্রিয়ার ক্ষারীয় বিকারক হিসেবে NaOH, KOH, $CH_3 - CH_2 - O - Na$ প্রভৃতি ব্যবহৃত হয়ে থাকে। তবে NaOH বা KOH এর অ্যালকোহলীয় দ্রবণ অপসারণ বিক্রিয়া ঘটায়, কিন্তু এদের জলীয় দ্রবণ প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ঘটায়।

অ্যালকাইল হ্যালাইড অণুতে হ্যালোজেন যুক্ত কার্বনের দুপাশে দুটি সন্নিহিত কার্বন পরমাণুতে হাইড্রোজেন থাকলে দুটি অবস্থান থেকেই হাইড্রোজেন হ্যালোজেনের সাথে যুক্ত হয়ে হাইড্রোজেন হ্যালাইড হিসেবে অপসারিত হতে পারে। ফলে দুটি অ্যালকিন উৎপন্ন হওয়ার সম্ভবনা থেকে যায়। এক্ষেত্রে প্রধানত কোন অ্যালকিন উৎপন্ন হবে তা নির্ধারণের জন্য একটি নীতি আছে যাকে "সায়জেফ নীতি (Sayzzeff's rule)" বলে। এ নীতি অনুসারে– "হ্যালোজেনো অ্যালকেন এর হ্যালোজেন যুক্ত কার্বনের সন্নিহিত যে β কার্বন পরমাণুতে কম সংখ্যক হাইড্রোজেন থাকে প্রধানত তা থেকে হাইড্রোজেন এবং পাশের কার্বনের হ্যালোজেন যুক্ত হয়ে HX গঠন করে তা অপসারিত হয় এবং অ্যালকিন উৎপন্ন করে।" যেমন, 2–ব্রোমো বিউটেনকে অ্যালকোহলীয় KOH দ্রবণসহ উত্তপ্ত করলে 80% বিউট-2-ইন ও 20% বিউট-1-ইন উৎপন্ন হয়।

$$\overset{\beta}{2}CH_3-\overset{\alpha}{C}H\,Br-\overset{\beta}{C}H_2-\overset{\gamma}{C}H_3 + 2KOH(alc) \xrightarrow{\text{তাপ}} \underset{\text{(বিউট-2-ইন) 80\%}}{\overset{1}{C}H_3-\overset{2}{C}H=\overset{3}{C}H-\overset{4}{C}H_3} + 2KBr + 2H_2O$$

$$+\ \underset{\text{(বিউট-1-ইন) 20\%}}{\overset{1}{C}H_2=\overset{2}{C}H-\overset{3}{C}H_2-\overset{4}{C}H_3}$$

অ্যালিফেটিক অপসারণ বিক্রিয়াকে দুভাগে ভাগ করা হয়ে থাকে একটি এক আণবিক অপসারণ বিক্রিয়া (E_1) এবং অপরটি দ্বি-আণবিক অপসারণ বিক্রিয়া (E_2).

১. **এক আণবিক অপসারণ বিক্রিয়া (E_1) :** এক আণবিক অপসারণ বিক্রিয়া দুই ধাপে সম্পন্ন হয়। প্রথম ধাপে R – X থেকে বিদায়ী গ্রুপ : X^- অপসারণের ফলে কার্বোনিয়াম আয়নের সৃষ্টি হয়। দ্বিতীয় ধাপে দ্রাবক (β:) এর আক্রমণে কার্বোনিয়াম আয়নের β কার্বন থেকে একটি H পরমাণু প্রোটন (H^+) হিসেবে অপসারিত হয়। ফলে β কার্বনের মুক্ত ইলেকট্রন যুগল α ও β কার্বনের মধ্যে বিন্যস্ত হয়ে কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন গঠন করে এবং অ্যালকিন উৎপন্ন করে থাকে। তবে প্রথম ধাপের গতি খুবই ধীর এবং দ্বিতীয় ধাপের গতি খুবই দ্রুত হয়ে থাকে।

প্রথম ধাপ : $CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}-X \xrightarrow{\text{খুব ধীরে}} CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C^+}} + :X^-$

দ্বিতীয় ধাপ : $\beta: + H-CH_2-\underset{\underset{CH_3}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C^+}} \xrightarrow{\text{খুব দ্রুত}} \beta:H^+ + CH_2=\underset{\underset{CH_3}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}-CH_3 + \beta:H^+$

সাধারণত 3° হ্যালোজেনো অ্যালকেন E_1 বিক্রিয়া প্রদর্শন করে থাকে।

২. **দ্বি-আণবিক অপসারণ বিক্রিয়া (E_2) :** দ্বি-আণবিক অপসারণ বিক্রিয়া, E_2 অনেকটা S_N2 বিক্রিয়ার মতো। E_2 বিক্রিয়ার মেকানিজমও একধাপে সম্পন্ন হয়। তবে এ বিক্রিয়া অ্যালকোহলীয় ক্ষারের প্রভাবে β–কার্বন থেকে একটি প্রোটন (H^+) এবং বিদায়ী গ্রুপ : X^- একই সাথে অপসারিত হয়ে থাকে। ফলে β কার্বনের ইলেকট্রন যুগল α ও β কার্বনের মধ্যে দ্রুত বিন্যস্ত হয়ে কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন গঠন করে।

কৌশল : $EtO^- + H-C(H)(H)-C(H)(H)-X \xrightarrow[\text{অ্যালকোহল}]{KOH} H-C(H)=C(H)-H + EtOH + X^-$

উদাহরণ : $CH_3-CH_2-\bar{O}\ K^+ + CH_3-CH_2-Br \xrightarrow{E_2} CH_2=CH_2 + CH_3-CH_2OH + KBr.$

$CH_3-CH_2-\bar{O}Na^+ + (CH_3)_2CHBr \xrightarrow{E_2} CH_3-CH=CH_2 + CH_3-CH_2OH + NaBr.$

মনে রাখা প্রয়োজন : তীব্র ক্ষারক যেমন, $-\ddot{N}H_2^-$ ও $R\ddot{\ddot{O}}^-$ বিকারক হিসেবে ব্যবহার করলে অপসারণ বিক্রিয়া E_1 প্রাধান্য পায়। কিন্তু দুর্বল ক্ষারক যেমন, $:\ddot{Cl}^-$, $CH_3-CO-\ddot{\ddot{O}}^-$ এবং উচ্চ পোলারিত আয়ন যেমন, Br^-, I^-, RS^- বিকারক হিসেবে ব্যবহার করলে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া S_N2 বিক্রিয়া প্রাধান্য পায়।

নিজে কর - ২.২২ :

১. অ্যালিফেটিক অ্যালকাইল হ্যালাইডের প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া S_N2 এবং অপসারণ বিক্রিয়া E_2 এর মধ্যে কী কী সাদৃশ্য ও বৈসাদৃশ্য পেলে তার আলোকে একটি প্রতিবেদন তৈরি কর।

২. প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া S_N2 এর সক্রিয়তার ক্রম, অপসারণ বিক্রিয়া E_2 এর সক্রিয়তার ক্রমের ঠিক বিপরীত কেন?

২.১১.৪ অ্যারোমেটিক যৌগের সংযোজন বিক্রিয়া (Addition Reaction of Aromatic Compounds)

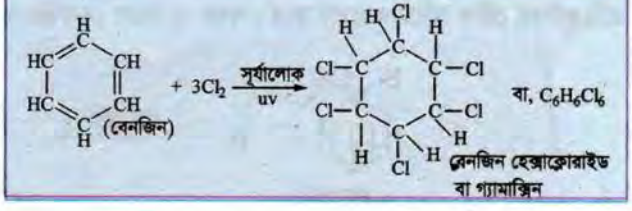
বেনজিন ও অন্যান্য অ্যারিনের গঠন কাঠামো হতে দেখা যায় এদের বলয়ে সঞ্চরণশীল (Delocalized) π-ইলেকট্রন বর্তমান থাকায় এরা খুবই স্থিতিশীল। π-ইলেকট্রনগুলো একে অপরকে বিকর্ষণ করে বলে যৌগের সুস্থিতির জন্য এরা যতটা সম্ভব দূরে অবস্থান করতে চায়। সঞ্চরণশীল ইলেকট্রনগুলো কাঠামোর উপরে ও নিচের তলে পর্যায়ক্রমে অবস্থান করে অণুকে অধিক সুস্থিতি প্রদান করে থাকে। তাই এরা ইলেকট্রনাকর্ষী বিকারক (E^+) এর সাথে যুত বিক্রিয়া প্রদর্শন করে না।

তবে বিশেষ শর্তে কিছু সংযোজন বিক্রিয়া বেনজিন চক্রে ঘটে থাকে। নিচে তা উল্লেখ করা হলো–

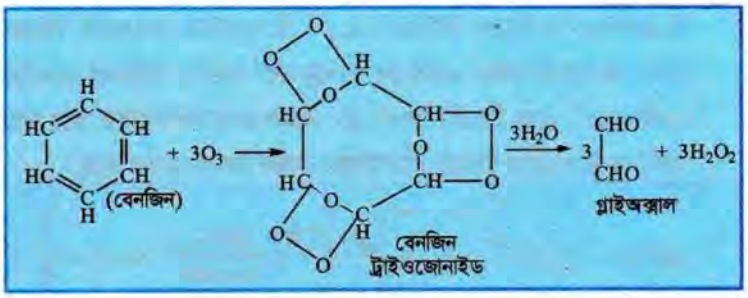
(ক) হাইড্রোজেন সংযোগ : প্রভাবক নিকেল চূর্ণের উপস্থিতিতে 200°C তাপমাত্রার প্রতি অণু বেনজিনে তিন অণু হাইড্রোজেন সংযোজনের মাধ্যমে সাইক্লোহেক্সেন উৎপন্ন হয়।



(খ) হ্যালোজেন সংযোগ : উজ্জ্বল সূর্যালোকে অথবা অতিবেগুনি রশ্মির উপস্থিতিতে এক অণু বেনজিন তিন অণু ক্লোরিনের সাথে সংযোজিত হয়ে বেনজিন হেক্সাক্লোরাইড বা গ্যামাক্সিন উৎপন্ন করে থাকে। এটি তীব্র জীবাণুনাশক উপাদান।



(গ) ওজোন সংযোগ : কক্ষ তাপমাত্রায় তরল বেনজিনের মধ্যে ওজোন গ্যাস চালনা করলে প্রতি অণু বেনজিন তিন অণু ওজোনের সাথে সংযোজিত হয়ে বেনজিন ট্রাইওজোনাইড উৎপন্ন করে। বেনজিন ট্রাইওজোনাইডকে আর্দ্রবিশ্লেষণ করলে গ্লাইঅক্সাল ও হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড পাওয়া যায়।



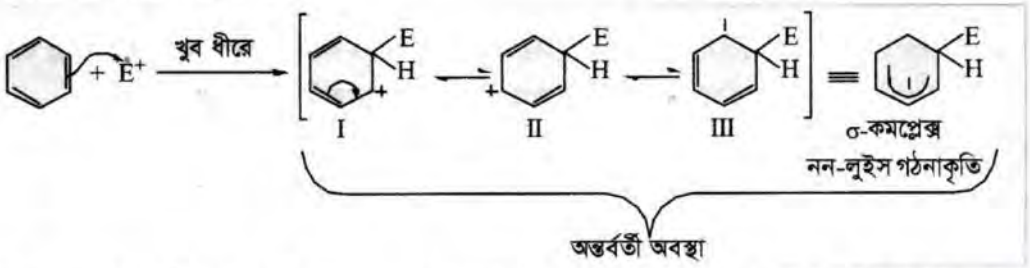
H_2O_2 তীব্র জারণ ধর্ম সম্পন্ন যৌগ হওয়ায় এক্ষেত্রে বিক্রিয়কস্থলে Zn চূর্ণ ব্যবহার করা হয়। $Zn + H_2O_2 \rightarrow ZnO + H_2O$

বেনজিন অণুর উপরোক্ত সংযোজন বিক্রিয়া তিনটি প্রমাণ করে বেনজিন অণুতে তিনটি দ্বিবন্ধন বর্তমান।

২.১১.৫ | অ্যারোমেটিক যৌগের ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন (Electrophilic Substitution of Aromatic Compounds)

অ্যারোমেটিক যৌগে ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া দুটি ধাপে সম্পন্ন হয়।

প্রথম ধাপ : বেনজিন বলয়ে সঞ্চরণশীল π ইলেকট্রন মেঘ আকারে অবস্থান করে। ইলেকট্রোফাইল বিকারক (E^+) ইলেকট্রন সমৃদ্ধ বেনজিন বলয়ের π ইলেকট্রন মেঘ দ্বারা আকৃষ্ট হয়ে বেনজিন বলয়ের যেকোনো একটি কার্বন পরমাণুর সাথে সমযোজী বন্ধন গঠন করে। ফলে বলয়ের মধ্যে রেজোন্যান্স এর সৃষ্টি হয় এবং অন্তর্বর্তী রেজোন্যান্স অবস্থা কার্বোক্যাটায়নের সৃষ্টি করে। প্রকৃতপক্ষে উৎপন্ন কার্বোক্যাটায়নটি রেজোন্যান্সের মাধ্যমে স্থিতিশীলতা লাভ করে। এটি নিচে চিত্রে প্রদর্শিত I, II, III এ তিনটি রেজোনেটিং গঠনাকৃতির রেজোন্যান্স হাইব্রিড। এক্ষেত্রে সাধারণত একটিমাত্র নন্-লুইস গঠনাকৃতি এর সাহায্যে একে প্রকাশ করা হয়। একটি সম্পূর্ণ নতুন সিগমা বন্ধন সৃষ্টির মাধ্যমে এ কার্বোক্যাটায়নটি গঠিত হয় বলে একে "সিগমা কমপ্লেক্স" (σ-Complex) বলে। মজার বিষয় হলো সিগমা কমপ্লেক্স অবস্থায় আর বেনজিনের অ্যারোমেটিক চরিত্র বা অ্যারোমেটিসিটি থাকে না। তা ক্ষণস্থায়ীভাবে বিনষ্ট হয়। তাই এ ধাপটি খুব ধীরে ঘটে এবং এটিই বিক্রিয়ার গতি নির্ধারক ধাপ।



দ্বিতীয় ধাপ : এভাবে কার্বোক্যাটায়নটি রেজোন্যান্সের মাধ্যমে কিছুটা স্থিতিশীলতা লাভ করলেও এটি বেনজিন অপেক্ষা কম স্থিতিশীল। এ কারণে এটি দ্রুত ইলেকট্রোফাইলযুক্ত কার্বন পরমাণু থেকে একটি প্রোটন (H^+) ত্যাগ করে অধিক স্থিতিশীল প্রতিস্থাপিত বেনজিন যৌগে পরিবর্তিত হয়। বিক্রিয়ার মাধ্যমে সৃষ্ট কোনো ক্ষারক (B^-) প্রোটন (H^+) কে গ্রহণ করে প্রতিস্থাপিত যৌগ গঠনে সাহায্য করে। ফলে এ ধাপে বেনজিন তার পূর্বের অ্যারোমেটিক চরিত্র পুনরায় ফিরে পায়।



বিভিন্ন ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী E^+ এর প্রকৃতি ও গঠন প্রক্রিয়া বিভিন্ন। যেমন,

১. নাইট্রেশন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী $\overset{+}{N}O_2$ (নাইট্রোনিয়াম আয়ন), গাঢ় HNO_3 ও H_2SO_4 এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়ে থাকে।

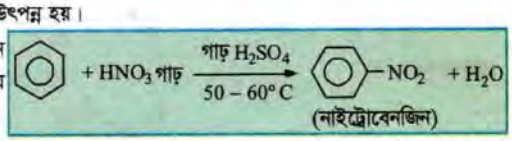
২. ক্লোরিনেশন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী Cl^+ (ধনাত্মক ক্লোরিন আয়ন), Cl_2 ও $FeCl_3$ এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়ে থাকে।

৩. ফ্রিডেল-ক্রাফ্টস অ্যালকাইলেশন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী R^+ (কার্বোক্যাটায়ন), অ্যালকাইল ক্লোরাইড ও $AlCl_3$ এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়ে থাকে।

৪. ফ্রিডেল-ক্রাফটস অ্যালকাইলেশন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী $R-C^+O$ (অ্যাসাইলিয়াম আয়ন), অ্যাসাইল ক্লোরাইড (R–COCl) ও $AlCl_3$ এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়ে থাকে।

৫. সালফোনেশন বিক্রিয়ায় SO_3, গাঢ় H_2SO_4 হতে উৎপন্ন হয়।

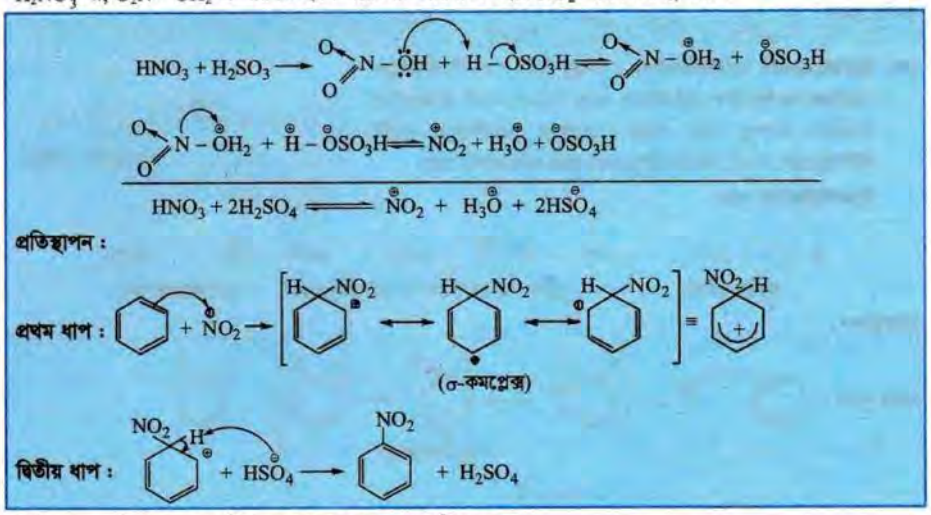
(ক) নাইট্রেশন : গাঢ় H_2SO_4 এর উপস্থিতিতে বেনজিন গাঢ় HNO_3 এর সাথে 50 – 60°C তাপমাত্রায় বিক্রিয়া করে নাইট্রোবেনজিন উৎপন্ন করে থাকে।



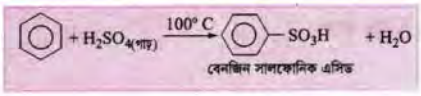
যে প্রক্রিয়ায় বেনজিন বলয়ের কার্বনের সাথে যুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণু নাইট্রো মূলক (– NO_2) দ্বারা প্রক্রিয়াজাত হয়, তাকে নাইট্রেশন বলে। যে বিকারক দ্বারা নাইট্রেশন বিক্রিয়া সম্পন্ন করা হয় তাকে নাইট্রেটিং বিকারক বলে। গাঢ় H_2SO_4 ও গাঢ় HNO_3 এর 2 : 1 অনুপাতের মিশ্রণ নাইট্রেটিং বিকারক হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

নাইট্রেশন বিক্রিয়ার কৌশল : প্রকৃত অর্থে এটি একটি ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া। এ বিক্রিয়ায় ইলেকট্রোফাইলটি হলো নাইট্রোনিয়াম আয়ন ($\overset{\oplus}{N}O_2$)। $\overset{+}{N}O_2$ আয়নই প্রকৃত নাইট্রেটিং বিকারক।

ইলেকট্রোফাইল গঠন : নাইট্রিক এসিড (HNO_3) অণু, H_2SO_4 থেকে একটি প্রোটন (H^+) গ্রহণ করে তার অনুবন্ধি এসিড $H_2\overset{\oplus}{N}O_3$ বা, $O_2N-\overset{\oplus}{O}H_2$ এ পরিণত হয়। পরে এটি পরিবর্তিত হয়ে $\overset{+}{N}O_2$ আয়ন উৎপন্ন করে।



(খ) সালফোনেশন : বেনজিন ও গাঢ় H_2SO_4 এর মিশ্রণকে প্রায় 100°C তাপমাত্রায় বেশ কিছুক্ষণ উত্তপ্ত করলে বেনজিন সালফোনিক এসিড উৎপন্ন হয়।

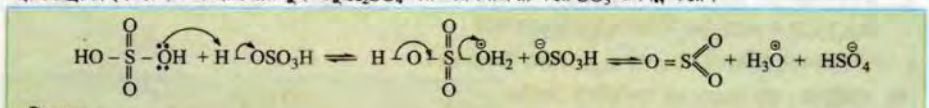


বেনজিন অণু থেকে –H কে $-SO_3H$ মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপন করা হয়েছে।

যে বিক্রিয়ায় বেনজিন বলয়ের কার্বনের সাথে যুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণু সালফোনিক এসিড মূলক ($-SO_3H$) দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। তাকে সালফোনেশন বিক্রিয়া বলে।

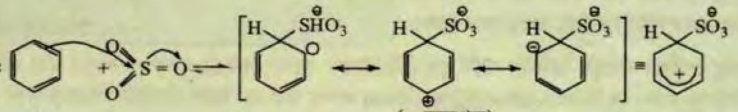
বিক্রিয়ার কৌশল : এ ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়াটি একটি উভমুখী বিক্রিয়া। এ বিক্রিয়ায় SO_3 ইলেকট্রোফাইল হিসেবে কাজ করে।

ইলেকট্রোফাইল গঠন : এ প্রক্রিয়ায় দুই অণু H_2SO_4 পরস্পর বিক্রিয়া করে SO_3 উৎপন্ন করে।

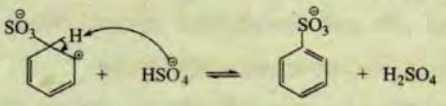


প্রতিস্থাপন :

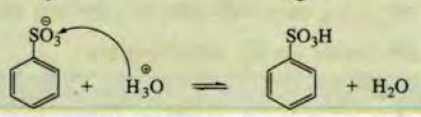
প্রথম ধাপে :



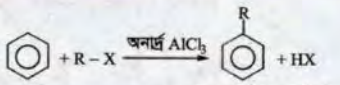
দ্বিতীয় ধাপে :



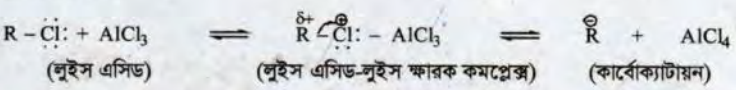
তৃতীয় ধাপে :



(গ) **ফ্রিডেল-ক্রাফট অ্যালকাইলেশন :** অনার্দ্র $AlCl_3$ এর উপস্থিতিতে বেনজিন অ্যালকাইল হ্যালাইডের সাথে বিক্রিয়া করে অ্যালকাইল বেনজিন উৎপন্ন করে থাকে। এক্ষেত্রে বেনজিনের একটি হাইড্রোজেন পরমাণু অ্যালকাইল মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়।

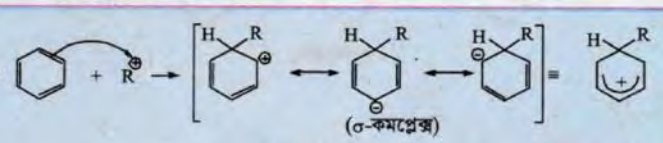


ইলেকট্রোফাইল গঠন :

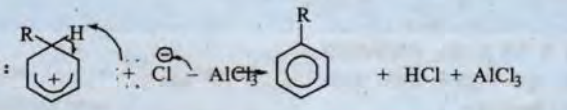


প্রতিস্থাপন :

প্রথম ধাপে :



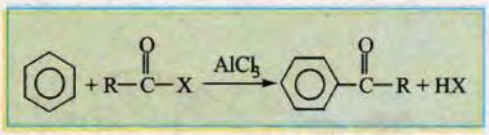
দ্বিতীয় ধাপে :



মনে রাখবে : এ ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার কার্যকরী ইলেকট্রোফাইলটি হলো একটি কার্বোক্যাটায়ন (R^+)। 2° বা 3° অ্যালকাইল হ্যালাইডের সাথে লুইস এসিড $AlCl_3$ এর বিক্রিয়ায় R^+ গঠিত হলেও 1° বা মিথাইল হ্যালাইডের সাথে $AlCl_3$ এর বিক্রিয়ায় R^+ গঠিত হয় না। কারণ 1° কার্বোক্যাটায়ন তথা $\overset{+}{C}H_2$ এর স্থায়িত্ব তুলনামূলকভাবে খুবই কম। 1°-অ্যালকাইল হ্যালাইডের ক্ষেত্রে অ্যালকাইল হ্যালাইডের সাথে $AlCl_3$ এর বিক্রিয়ায় গঠিত প্রাথমিক কমপ্লেক্সটি ($R^{\delta+} - \overset{\oplus}{Cl} - \overset{\ominus}{AlCl_3}$) নিজেই ঐ অবস্থায় ইলেকট্রোফাইল হিসেবে কাজ করে।

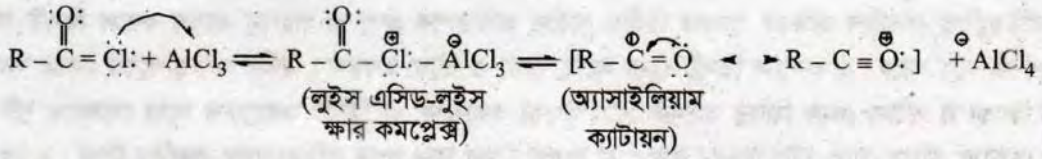
আরো মনে রাখবে যে, এক্ষেত্রে $AlCl_3$ ছাড়াও BF_3, $FeCl_3$, $ZnCl_2$ প্রভৃতি লুইস এসিড এবং HF, H_2SO_4, H_3PO_4 প্রভৃতি প্রোটনিক এসিডও ব্যবহার করা যায়।

(ঘ) ফ্রিডেল-ক্রাফট অ্যাসাইলেশন : অনার্দ্র $AlCl_3$ এর উপস্থিতিতে বেনজিন অ্যাসাইল হ্যালাইডের সাথে বিক্রিয়া করে অ্যাসাইল বেনজিন উৎপন্ন করে থাকে। এক্ষেত্রে বেনজিনের একটি হাইড্রোজেন পরমাণু অ্যাসাইল মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়।

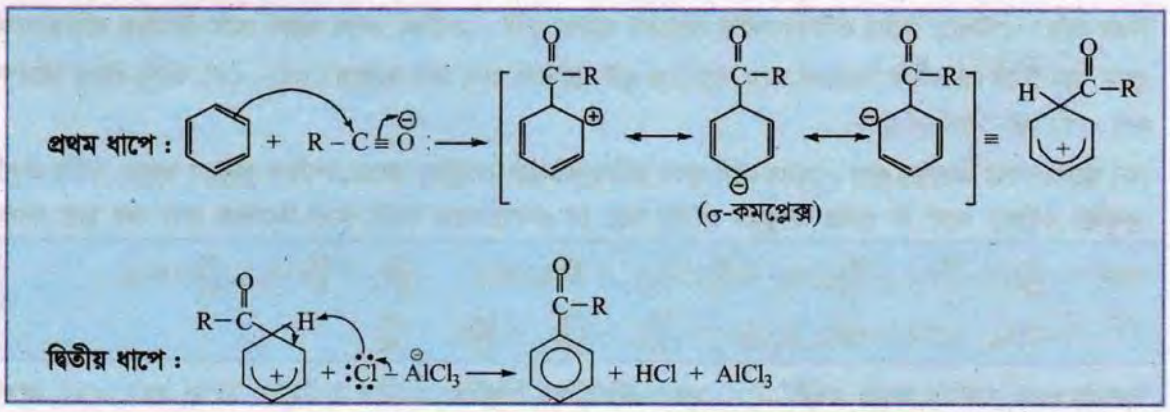


অ্যাসাইলেশন বিক্রিয়ার কৌশল : এ ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার ইলেকট্রোফাইল হলো অ্যাসাইলিয়াম ক্যাটায়ন ($R - \overset{\oplus}{C} = O$)।

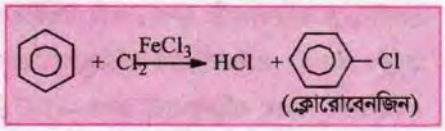
ইলেকট্রোফাইল গঠন :



প্রতিস্থাপন :

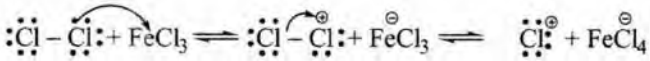


(ঙ) ক্লোরিনেশন : হ্যালোজেন বাহক $FeCl_3$ এর উপস্থিতিতে কক্ষতাপমাত্রায় তরল বেনজিনের মধ্যে Cl_2 গ্যাস চালনা করলে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার মাধ্যমে ক্লোরোবেনজিন উৎপন্ন হয়।

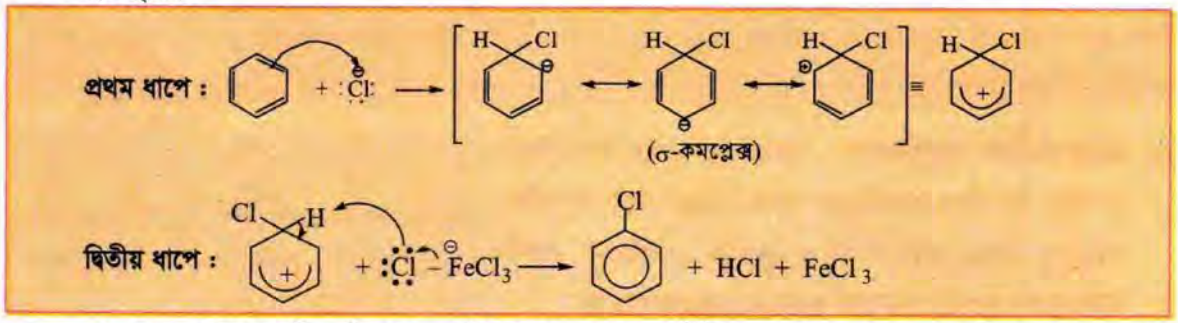


বিক্রিয়ার কৌশল : এটি একটি ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া। এ বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী ইলেকট্রোফাইলটি হলো একটি ধনাত্মক ক্লোরিন আয়ন (Cl^+)।

ইলেকট্রোফাইল গঠন : $FeCl_3$ অতিরিক্ত Cl_2 এর সাথে বিক্রিয়া করে Cl^+ ও $FeCl_4^-$ আয়ন উৎপন্ন করে।



প্রতিস্থাপন :



এক্ষেত্রে $FeCl_3$ এর পরিবর্তে $AlCl_3$, একইভাবে Cl_2 এর সাথে বিক্রিয়ায় Cl^+ ও $AlCl_4^-$ আয়ন উৎপন্ন করতে পারে।

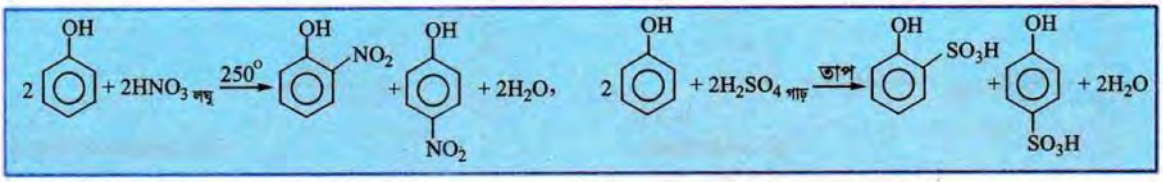
২.১১.৬ বেনজিনের বহু প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (Multi Substitution Reactions of Benzene)

বেনজিনের বহু প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া : বেনজিন বলয়ের 6 টি কার্বন পরমাণুর সাথে যুক্ত 6 টি হাইড্রোজেন পরমাণুর যে কোনোটি একটি একযোজী পরমাণু বা গ্রুপ দ্বারা প্রতিস্থাপিত হলে সবসময় একটিমাত্র বেনজিনের জাতক উৎপন্ন হয়। এ এক প্রতিস্থাপিত বেনজিন জাতকে পুনরায় দ্বিতীয় কোনো প্রতিস্থাপক গ্রুপ বা পরমাণু প্রবেশ করলে তিনটি অবস্থানে প্রতিস্থাপিত হতে পারে। এ অবস্থান তিনটি হলো অর্থো, মেটা ও প্যারা অবস্থান। দ্বিতীয় প্রতিস্থাপকের ক্ষেত্রে বলয়ের এ তিনটি অবস্থানই সক্রিয় থেকে বিভিন্ন সমাণুক যৌগ উৎপন্ন করবে না, এ তিনটি অবস্থানের মধ্যে যেকোনো দুটি অথবা একটি অবস্থান সক্রিয় থেকে যৌগ উৎপন্ন করবে তা সম্পূর্ণ নির্ভর করে প্রথম প্রতিস্থাপকের প্রকৃতির উপর। অর্থাৎ দ্বিতীয় প্রতিস্থাপকটি বেনজিন বলয়ের কোন স্থানে প্রবেশ করবে তা প্রধানত বলয়ে উপস্থিত প্রথম প্রতিস্থাপকটির প্রকৃতির উপর নির্ভর করে। এ বিষয়ে দ্বিতীয় প্রতিস্থাপকটির কোনোই ভূমিকা নেই। বেনজিন বলয়ে আগে থেকে উপস্থিত প্রতিস্থাপকের এমন স্থান নির্দেশক প্রভাব বিবেচনা করে এদেরকে দুটি শ্রেণিতে ভাগ করা হয়েছে। যথা– (ক) অর্থো-প্যারা নির্দেশক গ্রুপ। (খ) মেটা নির্দেশক গ্রুপ।

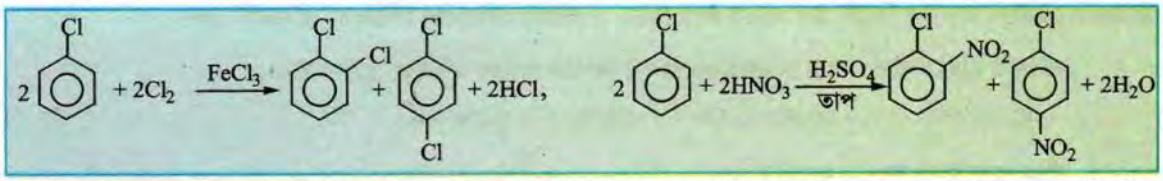
(ক) অর্থো-প্যারা নির্দেশক গ্রুপ : যেসব গ্রুপ প্রথম প্রতিস্থাপকরূপে বেনজিন বলয়ে উপস্থিত থাকলে আগত দ্বিতীয় গ্রুপটি বেনজিন বলয়ের অর্থো বা প্যারা অবস্থানে প্রবেশ করে সে গ্রুপগুলোকে অর্থো-প্যারা নির্দেশক গ্রুপ বলা হয়ে থাকে।

যেমন, $-\ddot{O}H$, $-\ddot{N}H_2$, $-\ddot{N}HCH_3$, $-\ddot{N}(CH_3)_2$, $-\ddot{N}HCOCH_3$, $-\ddot{O}:^-$, $-\ddot{O}CH_3$, $-\ddot{O}COCH_3$, $-CH_3$, $-CH_2-CH_3$, C_6H_5-, $-\ddot{F}:$, $-\ddot{C}l:$, $-\ddot{B}r:$, $-\ddot{I}:$

উদাহরণস্বরূপ বেনজিন বলয়ে একটি $-CH_3$ মূলক প্রতিস্থাপিত মিথাইল বেনজিন বা টলুইন উৎপন্ন হয়। $-CH_3$ গ্রুপটি একটি চক্র সক্রিয়কারী গ্রুপ। তাই টলুইন অণুতে পুনরায় দ্বিতীয় প্রতিস্থাপিত গ্রুপ এলে সে অর্থো ও প্যারা অবস্থানকে নির্দেশ করবে। অর্থাৎ দ্বিতীয় প্রতিস্থাপিত গ্রুপটি টলুইনের অর্থো ও প্যারা অবস্থানে প্রতিস্থাপিত হয়ে যৌগ উৎপন্ন করবে। একইভাবে অপর সক্রিয়কারী গ্রুপ $-OH$ বেনজিন বলয়ে প্রতিস্থাপিত হলে ফেনল উৎপন্ন হয়। ফেনল অণুতে দ্বিতীয় প্রতিস্থাপিত গ্রুপের অবস্থান অর্থো ও প্যারা অবস্থান।



একইভাবে–



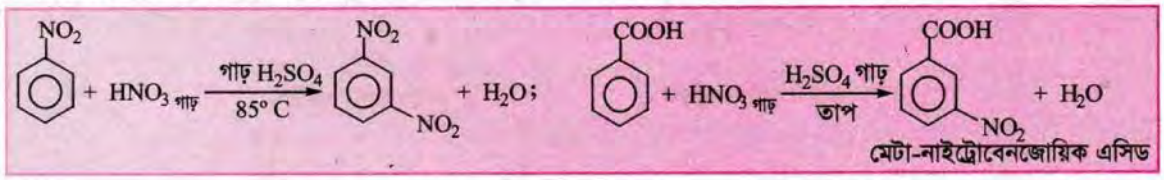
অ্যালকাইল গ্রুপ ($-CH_3$, $-CH_2-CH_3$) ও অ্যারাইল গ্রুপ ($-C_6H_5$) ব্যতীত অন্যান্য আর সব অর্থো-প্যারা নির্দেশক গ্রুপগুলোর একটি বিশেষ বৈশিষ্ট্য হলো যে পরমাণুর মাধ্যমে এ গ্রুপগুলো বেনজিন বলয়ের সাথে যুক্ত থাকে, সেই পরমাণুটিতে এক বা একাধিক নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় উপস্থিত থাকে। আর এ নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড়ের উপস্থিতির ফলেই এ গ্রুপগুলো বেনজিন বলয়ে অর্থো-প্যারা নির্দেশক হয়ে থাকে।

অবশ্যই মনে রাখবে : অর্থো-প্যারা নির্দেশক গ্রুপগুলোর বেনজিন বলয়ে সক্রিয়তা হ্রাসের ক্রম :

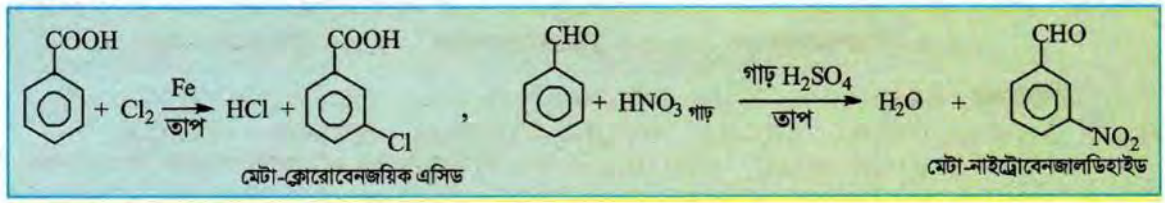
$$-\ddot{O}^{-} > -\ddot{N}H_2 > -\ddot{O}H > -\ddot{O}CH_3 > -\ddot{N}HCOCH_3 > R- > -\ddot{O}COR > Ar- > -\ddot{X}:$$

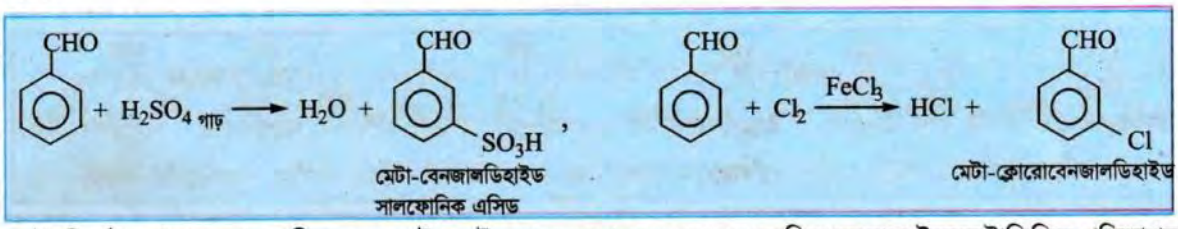
(খ) মেটা নির্দেশক গ্রুপ : যেসব গ্রুপ প্রথমে প্রথম প্রতিস্থাপক হিসেবে বেনজিন বলয়ে উপস্থিত থেকে আগত দ্বিতীয় গ্রুপটিকে বেনজিন বলয়ের মেটা অবস্থানে প্রতিস্থাপিত করে, সে গ্রুপগুলোকে মেটা নির্দেশক গ্রুপ বলা হয়ে থাকে। যেমন $-NO_2$, –CHO, –COOH, –COOR, $-SO_3H$, –CN ইত্যাদি। এ গ্রুপগুলোর মূল বৈশিষ্ট্য হলো এদের যে পরমাণুটি বেনজিন বলয়ের সাথে সরাসরি যুক্ত সেটি অপর কোনো অধিক তড়িৎ ঋণাত্মক পরমাণুর সাথে দ্বিবন্ধন অথবা ত্রিবন্ধন দ্বারা যুক্ত থাকে। তড়িৎ ঋণাত্মক কর্তৃক এ দ্বিবন্ধন বা ত্রিবন্ধনের π ইলেকট্রনের অধিক আকর্ষণের ফলে এ গ্রুপগুলো মেটা নির্দেশক হয়ে থাকে।

উদাহরণ : নাইট্রোবেনজিনের অণুতে বেনজিন বলয়ে আগে থেকেই $-NO_2$ গ্রুপ অবস্থান করে। এটি একটি নিষ্ক্রিয়কারী গ্রুপ। তাই নাইট্রোবেনজিনকে পুনরায় নাইট্রেশন করলে মেটা নাইট্রোবেনজিন উৎপন্ন হয়। একইভাবে বেনজয়িক এসিডকে গাঢ় HNO_3 ও গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে বিক্রিয়া ঘটালে মেটা-নাইট্রোবেনজয়িক এসিড উৎপন্ন হয়।



একইভাবে–





মেটা নির্দেশক গ্রুপগুলো বেনজিন বলয়ের ইলেকট্রনের ঘনত্ব হ্রাস করে এবং বেনজিন বলয়কে ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় বেনজিন অপেক্ষা কিছুটা কম সক্রিয় করে দেয়। এ কারণে গ্রুপগুলো সক্রিয়তা হ্রাসকারী গ্রুপ।

অবশ্যই মনে রাখবে : মেটা নির্দেশক গ্রুপগুলোর বেনজিন বলয়ের সক্রিয়তা হ্রাসের ক্রম–

$-\overset{+}{N}R_3 > -NO_2 > CN > SO_3H > \rangle CO > -COCH_3 > -COOH$

চিন্তা করে উত্তর দাও – ২.২৩ :

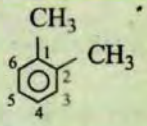
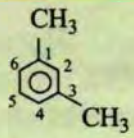
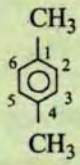
১. অ্যারোমেটিক যৌগসমূহের প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ প্রবণতা বেশি কেন?

২. অ্যারোমেটিক যৌগের প্রতিস্থাপন বিক্রিয়াগুলো আয়নীয় প্রকৃতির কেন?

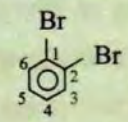
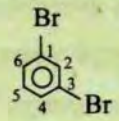
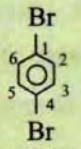
৩. ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় σ-কমপ্লেক্স গঠনে বেনজিনে অ্যারোমেটিক চরিত্র বা অ্যারোমেটিসিটি নষ্ট হয় কেন?

৪. মেটা নির্দেশক গ্রুপ বেনজিন বলয়ে যুক্ত হলে σ-কমপ্লেক্স গঠন তথা ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া বেনজিন অপেক্ষা ধীরে ঘটে কেন?

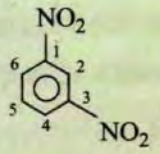
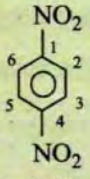
অ্যারোমেটিক যৌগের ক্ষেত্রে :

$C_6H_4(CH_3)_2$ ⟶ (1)  (2)  (3) 

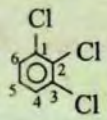
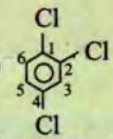
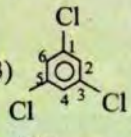
1, 2- ডাইমিথাইলবেনজিন 1, 3- ডাইমিথাইলবেনজিন 1, 4- ডাইমিথাইলবেনজিন

$C_6H_4Br_2$ ⟶ (1)  (2)  (3) 

1, 2- ডাইব্রোমোবেনজিন 1, 3- ডাইব্রোমোবেনজিন 1, 4- ডাইব্রোমোবেনজিন

$C_6H_4(NO_2)_2$ ⟶ (1)  (2) 

1, 3- ডাইনাইট্রোবেনজিন 1, 4- ডাইনাইট্রোবেনজিন

$C_6H_3Cl_3$ ⟶ (1)  (2)  (3) 

1, 2, 3- ট্রাইক্লোরোবেনজিন 1, 2, 4- ট্রাইক্লোরোবেনজিন 1, 3, 5- ট্রাইক্লোরোবেনজিন

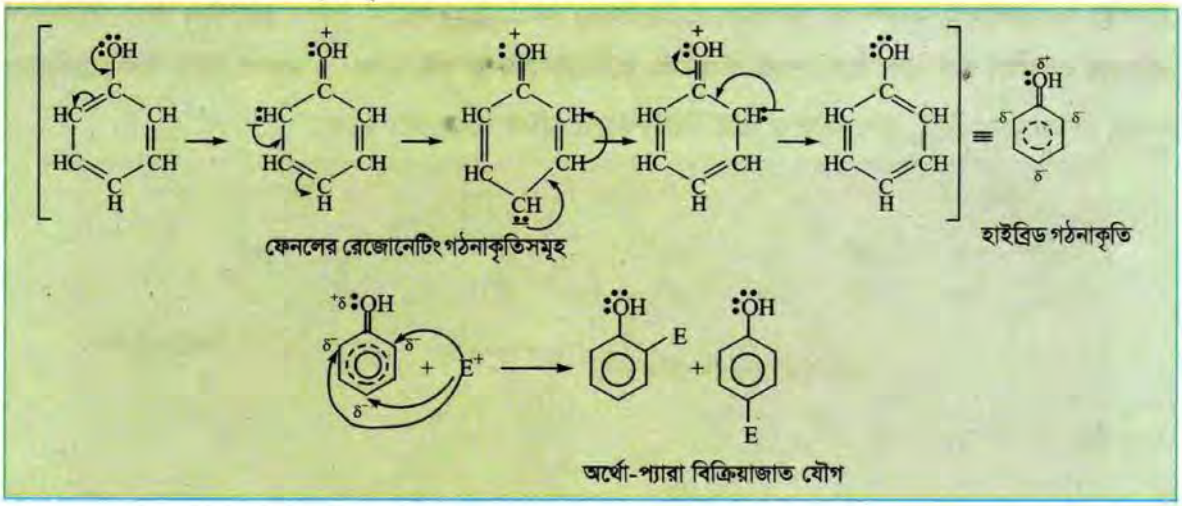
নিজে কর - ২.২৪ :

(1) C_7H_{16}, (2) C_8H_{18}, (3) C_6H_{12}, (4) C_6H_{10}, (5) $C_4H_{10}O$, (6) C_4H_8O, (7) $C_6H_4Cl_2$, (8) $C_6H_4(OH)NO_2$, (9) $C_6H_4(NO_2)Cl$, (10) $C_6H_4(CH_3)NO_2$ আণবিক সংকেত দ্বারা সম্ভাব্য সমাণুকের সংখ্যা দেখাও।

২.১১.৭ বেনজিন বলয়ে প্রতিস্থাপকসমূহের ওরিয়েন্টেশন (Orientation of Substituents in benzene ring)

বেনজিন বলয়ে বিভিন্ন গ্রুপ প্রতিস্থাপিত হয়ে বেনজিনের এক প্রতিস্থাপিত জাতক উৎপন্ন করে থাকে। এক প্রতিস্থাপিত বেনজিন যৌগের কোনো স্থানে দ্বিতীয় প্রতিস্থাপক প্রবেশ করবে তা প্রথম প্রতিস্থাপকটির ইলেকট্রনীয় চরিত্র অর্থাৎ ইনডাক্টিভ এফেক্ট এবং রেজোন্যান্সজনিত ফলাফলের উপর সম্পূর্ণভাবে নির্ভর করে থাকে। অর্থো-প্যারা নির্দেশক গ্রুপগুলো অর্থো ও প্যারা অবস্থানের ইলেকট্রনের ঘনত্ব বৃদ্ধি করে। ফলে অর্থো ও প্যারা অবস্থান ইলেকট্রোফাইল (E^+) দ্বারা অতিসহজে আক্রান্ত হয় এবং অর্থো-প্যারা দ্বি-প্রতিস্থাপিত যৌগ উৎপন্ন করে থাকে।

উদাহরণ ১ : ফেনলে (C_6H_5OH) এর $-\ddot{O}H$ গ্রুপের নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড়া রেজোন্যান্স প্রক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে এবং অর্থো-প্যারা অবস্থানের ইলেকট্রনের ঘনত্বের বৃদ্ধি ঘটায়। এ কারণে দ্বিতীয় ইলেকট্রোফিলিক গ্রুপের প্রতিস্থাপনে $-\ddot{O}H$ গ্রুপ অর্থো ও প্যারা নির্দেশকের মুখ্য ভূমিকা পালন করে থাকে।



নিচের বক্তব্যটি গভীরভাবে চিন্তা কর :

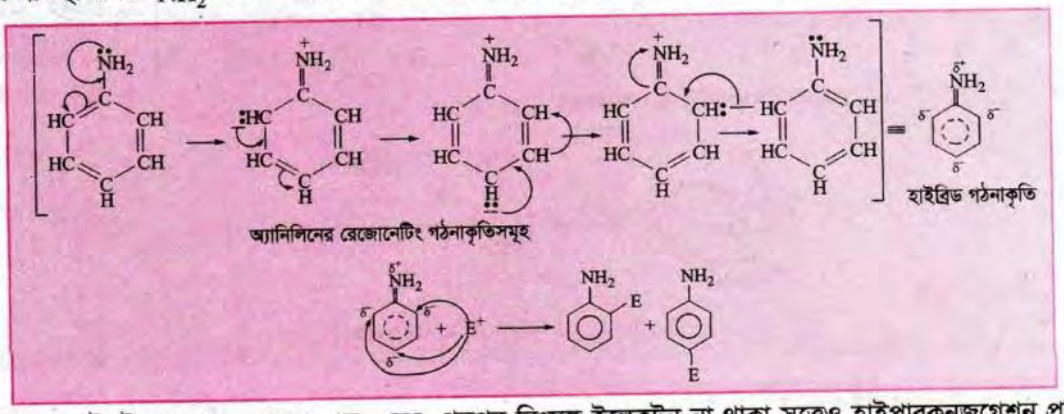
$-\ddot{O}H$ গ্রুপের অক্সিজেন পরমাণু তার সাথে যুক্ত কার্বন পরমাণু অপেক্ষা অধিক তড়িৎ ঋণাত্মক হওয়ায় প্রাথমিকভাবে ইলেকট্রন নিউক্লিয়াস থেকে গ্রুপ অভিমুখে আকর্ষিত হয়। এটি ইনডাকটিভ প্রভাব। কিন্তু এক্ষেত্রে রেজোন্যান্স ইফেক্টও কাজ করে। এ রেজোন্যান্স ইফেক্টের মান ইনডাক্টিভ ইফেক্ট অপেক্ষা অধিক হওয়ায় ইলেকট্রনের প্রকৃত সরণ $-\ddot{O}H$ থেকে বেনজিন বলয় অভিমুখেই ঘটে। তাই $-\ddot{O}H$ কার্যতপক্ষে সক্রিয়তা বৃদ্ধিকারী গ্রুপ হিসেবে ভূমিকা রাখে।

মনে রাখবে : দুটি ভিন্ন মৌলের অযুগ্ম ইলেকট্রন শেয়ার করে যখন সমযোজী একক বন্ধন বা σ-বন্ধন সৃষ্টি করে তখন বন্ধনে অংশগ্রহণকারী ইলেকট্রন দুটি, দুটি পরমাণুর মধ্যে সমভাবে অবস্থান না করে যে পরমাণুটি অপেক্ষাকৃত বেশি তড়িৎ ঋণাত্মক তার দিকে বেশি আকৃষ্ট হয়ে সরে যায়। এ কারণে তড়িৎ ঋণাত্মক মৌলের পরমাণুটি আংশিকভাবে ঋণাত্মক আধানযুক্ত ($\delta-$) এবং কম তড়িৎ ঋণাত্মক মৌলের পরমাণুটি আংশিকভাবে ধনাত্মক আধানযুক্ত ($\delta+$) হয়। জৈব যৌগের অণুতে একক বন্ধনে বা σ-বন্ধনে যুক্ত কার্বন পরমাণুর সাথে অন্য মৌলের পরমাণুর বন্ধন ইলেকট্রন জোড়ের মধ্যে যে স্থায়ী ডাইপোলের সৃষ্টি হয় তাকে ইনডাকটিভ প্রভাব বলে। ইনডাকটিভ প্রভাবের কারণে মনোক্লোরো ইথানোয়িক এসিড ইথানোয়িক এসিড অপেক্ষা অধিক শক্তিশালী হয়।

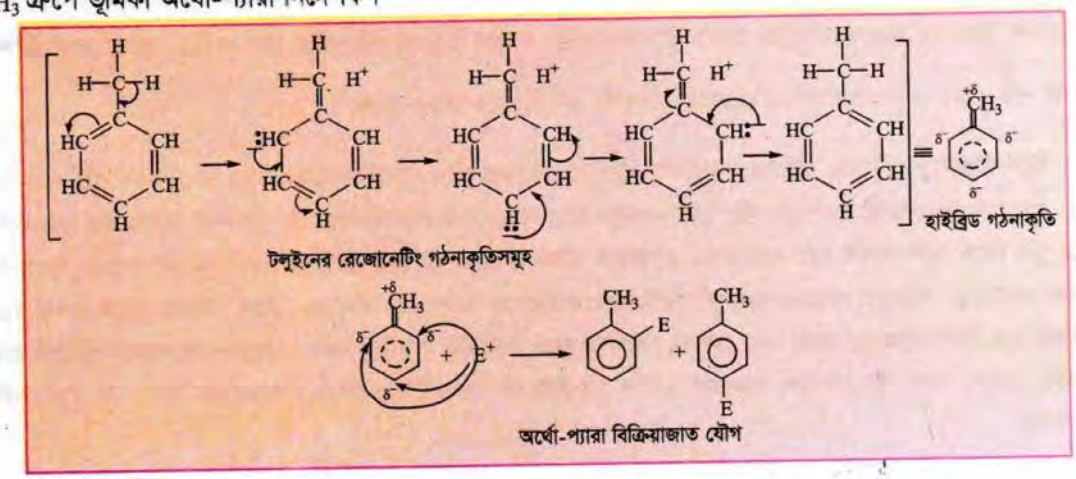
রেজনেন্স (Resonance) : এমন কতকগুলো অণু বা বহুপরমাণুক আয়ন আছে যাদেরকে একটিমাত্র গঠন সংকেত দ্বারা ধর্মাবলির সম্পূর্ণ ব্যাখ্যা দেয়া সম্ভব হয় না। এ জাতীয় অণু বা আয়নের ক্ষেত্রে পরমাণুগুলোর অবস্থান অপরিবর্তিত রেখে শুধুমাত্র বন্ধন ইলেকট্রনগুলোর পুনর্বিন্যাস করে অণু বা আয়নটির কয়েকটি ভিন্ন গঠন সংকেত লেখা যায়। এরূপ প্রতিটি ভিন্ন গঠন সংকেতের প্রতিটিতে যুগ্ম ইলেকট্রনের সংখ্যা অপরিবর্তিত থাকে। এ গঠন সংকেতগুলোর কোনো একটি এককভাবে ঐ অণু বা আয়নের সমস্ত ধর্ম কোনো অবস্থাতেই ব্যাখ্যা করতে পারে না। তবে এক্ষেত্রে যদি সবকটি গঠন সংকেত এক সাথে বিবেচনা করা হয় তবে এ অণু বা আয়নের সমস্ত ধর্মের ব্যাখ্যা দেয়া সম্ভব হয়।

কোনো অণু বা বহুপরমাণুক আয়নের বন্ধন ইলেকট্রনগুলোর পুনর্বিন্যাসের কারণে যেসব গঠন কাঠামোর সৃষ্টি হয় তাদের কোনটিই এককভাবে ঐ অণু বা আয়নের প্রকৃত গঠন কাঠামো নয়। অণু বা আয়নের প্রকৃত গঠন কাঠামো হলো বন্ধন ইলেকট্রনের পুনর্বিন্যাসের মাধ্যমে সৃষ্ট কয়কটি কাল্পনিক গঠন কাঠামোর সমন্বয়। কোনো অণু বা আয়নের ক্ষেত্রে এমন ঘটনার উদ্ভব হলে তাকে রেজনেন্স বলা হয়।

উদাহরণ ২ : ফিনাইল অ্যামিন বা অ্যানিলিন ($C_6H_5–NH_2$) এর $—\ddot{N}H_2$ গ্রুপের নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় রেজোন্যান্স প্রক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে এবং অর্থো-প্যারা অবস্থানের ইলেকট্রনের ঘনত্ব বৃদ্ধি ঘটায়। এ কারণে দ্বিতীয় ইলেকট্রোফিলিক গ্রুপের প্রতিস্থাপনে $—\ddot{N}H_2$ গ্রুপ অর্থো ও প্যারা নির্দেশক মুখ্য ভূমিকা পালন করে থাকে।



উদাহরণ ৩ : টলুইন ($C_6H_5 – CH_3$) এর $–CH_3$ গ্রুপের নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন না থাকা সত্ত্বেও হাইপারকনজুগেশন প্রক্রিয়ায় এটি বলয়ের অর্থো ও প্যারা অবস্থানের ইলেকট্রনের ঘনত্ব বৃদ্ধি করে। এ কারণে দ্বিতীয় ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপনে $–CH_3$ গ্রুপে ভূমিকা অর্থো-প্যারা নির্দেশক।

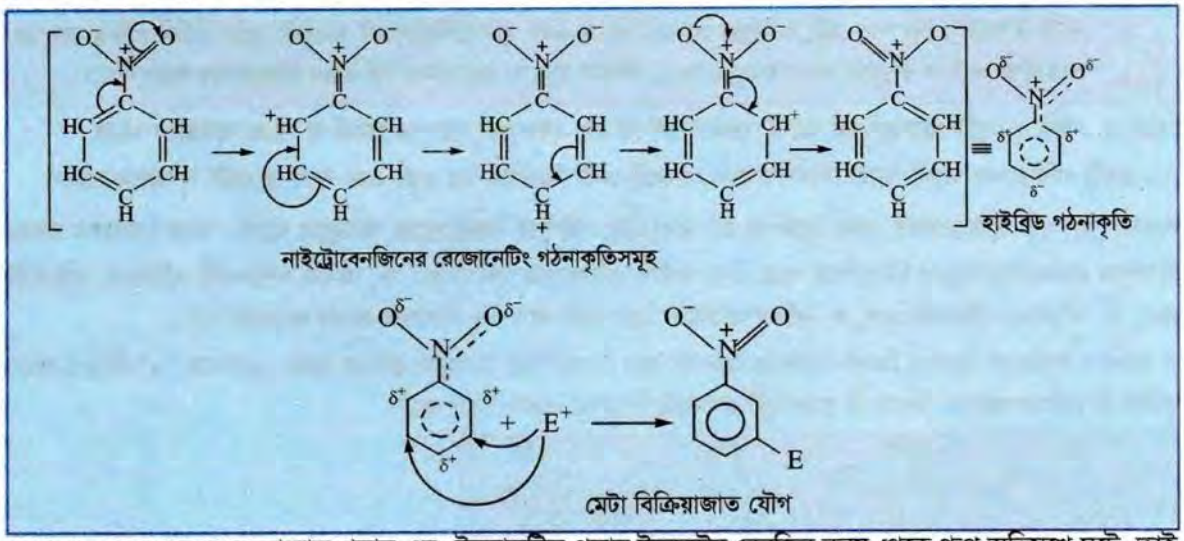


নিচের বক্তব্যটি গভীরভাবে চিন্তা কর :

বেনজিন বলয়ে $-CH_3$ গ্রুপটি প্রতিস্থাপিত হয়ে বলয়ের অর্থো-প্যারা অবস্থানকে সক্রিয় করে থাকে। এক্ষেত্রে $-CH_3$ গ্রুপটির ইনডাকটিভ এফেক্ট কার্যকরী হয়। বিভিন্ন σ-কমপ্লেক্সের স্থায়িত্ব বিবেচনার মাধ্যমে তা ব্যাখ্যা করা যায়। এখানে হাইপারকনজুগেশন এবং ইনডাকটিভ প্রভাব জনিত প্রভাব ইলেকট্রনকে $-CH_3$ গ্রুপ থেকে বেনজিন বলয় অভিমুখে ঠেলে দেয়। তাই $-CH_3$ গ্রুপটি একটি সক্রিয়কারী গ্রুপ হিসেবে কাজ করে।

হাইপার কনজুগেশন : অ্যালকাইল মূলক যেমন, CH_3-, $R-CH_2-$, R_2CH- সরাসরি যখন কোনো কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন বা কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধন যুক্ত কার্বনের সাথে যুক্ত হয়, তখন উক্ত দ্বিবন্ধন বা ত্রিবন্ধনের π-অরবিটাল এবং C – H σ-বন্ধন অরবিটালের মধ্যে অধিক্রমণ ঘটে। এ কারণে σ-বন্ধনের ইলেকট্রন জোড় π-বন্ধনের ইলেকট্রন জোড়ের সাথে ইলেকট্রন পূর্ণবিন্যাস করে এক বিশেষ ধরনের রেজনেন্সের প্রভাবের মাধ্যমে যৌগ স্থায়িত্ব লাভ করে। কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন বা ত্রিবন্ধনের সাথে পার্শ্ববর্তী কার্বনের C – H বন্ধনের এ বিশেষ রেজোনেন্স প্রভাবকে হাইপার কনজুগেশন বলে।

উদাহরণ ৪ : নাইট্রোবেনজিন ($C_6H_5-NO_2$) এর $-NO_2$ গ্রুপে N = O দ্বিবন্ধন নিউক্লিয়াসের সাথে কনজুগেটেড অবস্থায় থাকে। তাই $-NO_2$ গ্রুপ রেজোন্যান্স প্রভাবের সাহায্যে বলয়ের ইলেকট্রন ঘনত্ব হ্রাস করে। আবার ইনডাকটিভ ফলাফলের প্রভাবে বলয়ের সব অবস্থানের ইলেকট্রন ঘনত্ব হ্রাস করে। কিন্তু রেজোন্যান্স প্রভাবের সাহায্যে শুধুমাত্র অর্থো-প্যারা অবস্থানের ইলেকট্রন ঘনত্ব হ্রাস করে। এর ফলে মেটা অবস্থানের ইলেকট্রন ঘনত্ব তুলনামূলকভাবে বেশি থাকে। ফলে ইলেকট্রোফাইল দ্বারা এ মেটা অবস্থানটি সহজে আক্রান্ত হয়। তাই দ্বিতীয় ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন $-NO_2$ গ্রুপ মেটা নির্দেশকের ভূমিকা পালন করে থাকে।



নাইট্রোবেনজিনের রেজোনেটিং গঠনাকৃতিসমূহ

মেটা বিক্রিয়াজাত যৌগ

$-NO_2$ মূলকের ক্ষেত্রে রেজোন্যান্স প্রভাব এবং ইনডাকটিভ প্রভাব ইলেকট্রন বেনজিন বলয় থেকে গ্রুপ অভিমুখে ঘটে, তাই $-NO_2$ গ্রুপ একটি সক্রিয়তা হ্রাসকারী গ্রুপ।

অবশ্যই মনে রাখবে : একক প্রতিস্থাপিত বেনজিনের প্রায় প্রতিটি প্রতিস্থাপন বিক্রিয়াতেই অর্থো, মেটা ও প্যারা সমাণু মিশ্রণ পাওয়া যায়। কিছু অর্থো-প্যারা নির্দেশক গ্রুপের ক্ষেত্রে প্রধানত অর্থো ও প্যারা সমাণু উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে মেটা সমাণু উৎপন্ন হয় খুব কম পরিমাণে। অপরদিকে মেটা নির্দেশক গ্রুপের ক্ষেত্রে প্রধানত মেটা সমাণু উৎপন্ন হয়, অর্থো ও প্যারা সমাণু উৎপন্ন হয় খুব কম পরিমাণে। অন্যদিকে অর্থো-প্যারা নির্দেশক গ্রুপের ক্ষেত্রে অর্থো-প্যারা সমাণু দুটি বেশিরভাগ ক্ষেত্রেই বিভিন্ন পরিমাণে উৎপন্ন হয়।

বেনজিন বলয়ে দ্বি-প্রতিস্থাপিত গ্রুপের ওরিয়েন্টেশন (Orientation in disubstituted benzene) : বেনজিন বলয়ে দুটি প্রতিস্থাপক উপস্থিত থাকলে ওরিয়েন্টেশনের বিষয়টি কিছুটা জটিল হয়ে পড়ে। কারণ এক্ষেত্রে বেনজিন বলয়ে তৃতীয় প্রতিস্থাপন, বলয়ে পূর্ব থেকে উপস্থিত প্রতিস্থাপক দুটির প্রভাবের উপর নির্ভরশীল।

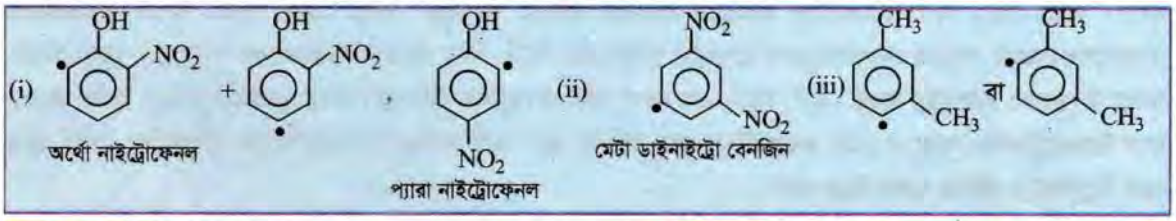
এ জটিল বিষয়টিকে ব্যাখ্যার জন্য অতি সহজ দুটি নিয়ম প্রচলিত আছে।

নিয়ম-১ : যদি, (i) দুটি প্রতিস্থাপকের একটি অর্থো-প্যারা নির্দেশক এবং অপরটি মেটা নির্দেশক হয় এবং এরা পরস্পর অর্থো বা প্যারা অবস্থানে অবস্থান করে,

(ii) দুটি প্রতিস্থাপকই মেটা নির্দেশক হয় এবং এরা পরস্পর মেটা অবস্থানে অবস্থান করে।

অথবা, (iii) দুটি প্রতিস্থাপকই অর্থো-প্যারা নির্দেশক হয় এবং এরা পরস্পর মেটা অবস্থানে অবস্থান করে থাকে – তবে সেক্ষেত্রে একটির নির্দেশক প্রভাব অপরটির নির্দেশক প্রভাবকে শক্তিশালী করে এবং তৃতীয় প্রতিস্থাপন দুটি গ্রুপের প্রভাব অনুযায়ী কার্যকরী হয়।

উপরোক্ত ব্যাখ্যার উদাহরণ হিসেবে তিনটি বিষয়কে আলাদা করে তিনটি ভিন্ন উদাহরণ দেওয়া হলো। এক্ষেত্রে "•" চিহ্নিত স্থানে তৃতীয় প্রতিস্থাপন ঘটবে। কারণ ঐ স্থানে দুটি গ্রুপেরই নির্দেশক প্রভাব কাজ করে।



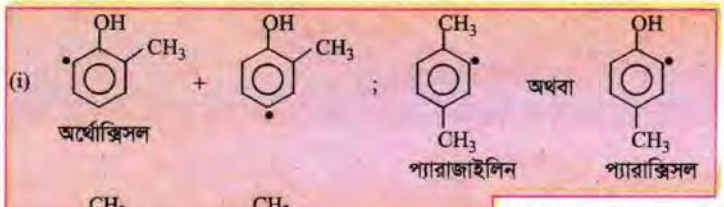
মনে রাখবে : পরস্পর মেটা অবস্থানে অবস্থান করছে এমন দুটি প্রতিস্থাপকের মধ্যবর্তী স্থানে তৃতীয় প্রতিস্থাপক এর প্রতিস্থাপন ঘটে না বললেই চলে। কারণ এক্ষেত্রে স্টেরিক বাধা বা স্থানাভাবজনিত প্রভাব বিশেষভাবে কার্যকরী হয়।

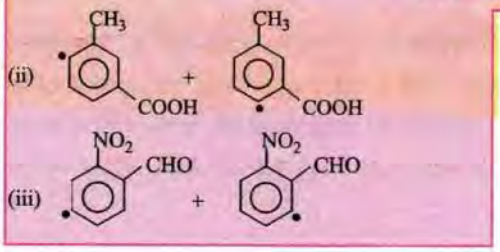
নিয়ম-২ : যদি, (i) দুটি প্রতিস্থাপকই অর্থো-প্যারা নির্দেশক হয় এবং এরা পরস্পর অর্থো বা প্যারা অবস্থানে থাকে।

(ii) একটি প্রতিস্থাপক অর্থো-প্যারা নির্দেশক এবং অপরটি মেটা নির্দেশক হয় এবং এরা পরস্পর মেটা অবস্থানে থাকে।

অথবা, (iii) দুটি প্রতিস্থাপকই মেটা নির্দেশক হয় এবং এরা পরস্পর অর্থো-প্যারা অবস্থানে থাকে– তবে সেক্ষেত্রে এদের নির্দেশক প্রভাব পরস্পরের বিরোধিতা করে এবং তৃতীয় প্রতিস্থাপক যথাক্রমে– ক. অধিক শক্তিশালী সক্রিয়তা বৃদ্ধিকারী গ্রুপ, খ. সক্রিয়তা বৃদ্ধিকারী গ্রুপ, গ. অধিক সক্রিয়তা হ্রাসকারী গ্রুপ এর নির্দেশক প্রভাব অনুযায়ী ঘটে।

এ ব্যাখ্যার উদাহরণ হিসেবে তিনটি বিষয়কে আলাদা করে তিনটি ভিন্ন উদাহরণ দেওয়া হলো। এক্ষেত্রে "•" চিহ্নিত স্থানে তৃতীয় প্রতিস্থাপন ঘটবে। কারণ ঐ স্থানে দুটি গ্রুপেরই নির্দেশক প্রভাব কাজ করে।





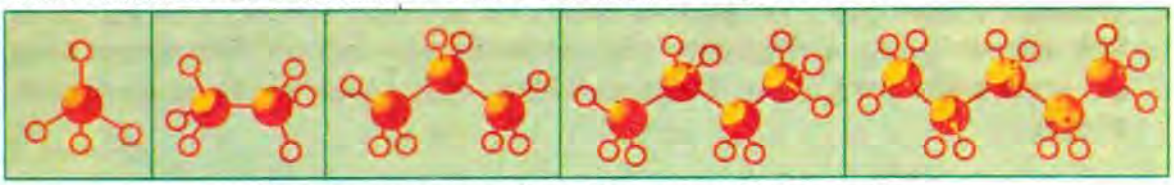
মেটা টলুইক এসিড ($-CH_3$ গ্রুপের প্রভাব অনুযায়ী দুটি ত্রিপ্রতিস্থাপিত যৌগ উৎপন্ন হয়।)

মেটা নাইট্রোবেনজালডিহাইড ($-NO_2$ গ্রুপের প্রভাব অনুযায়ী দুটি ত্রিপ্রতিস্থাপিত যৌগ উৎপন্ন হয়।)

২.১২ অ্যালকেন, অ্যালকিন, অ্যালকাইন, অ্যালকাইল/অ্যারাইল হ্যালাইড, অ্যালকোহল, ইথার, অ্যালডিহাইড, কিটোন, কার্বক্সিলিক এসিড, এস্টার, অ্যামিন ও অ্যামাইড

▶▶ ২.১২.১ | অ্যালকেন (Alkanes)

কার্বন ও হাইড্রোজেন দ্বারা গঠিত দ্বিমৌল যৌগের কার্বন শিকলে কেবলমাত্র কার্বন কার্বন একক বন্ধন অর্থাৎ কার্বন একক বন্ধন বা সিগমা (δ) বন্ধনের উপস্থিত থাকলে তাদেরকে সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন বলে। IUPAC পদ্ধতিতে এদেরকে অ্যালকেন বলে। এদের সাধারণ সংকেত হলো C_nH_{2n+2}; এখানে n = 1, 2, 3, 4 পূর্ণসংখ্যা। উদাহরণস্বরূপ : মিথেন (CH_4), ইথেন (CH_3–CH_3), প্রোপেন (CH_3–CH_2–CH_3) ইত্যাদি। এরা সাধারণভাবে প্যারাফিন (Paraffin) নামে পরিচিত। Parum অর্থ স্বল্প এবং affinis অর্থ আসক্তি। তাই Paraffin অর্থ স্বল্প আসক্তির যৌগ।



চিত্র ২.১৪ : অ্যালকেনসমূহ (মিথেন, ইথেন, প্রোপেন, বিউটেন ও পেন্টেন)

সাধারণ প্রস্তুতি :

১. **অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন থেকে (হাইড্রোজেন সংযোজন করে) :** প্রভাবক Pt বা Pd ধাতুর উপস্থিতিতে সাধারণ তাপমাত্রায় অথবা প্রভাবক Ni ধাতুর উপস্থিতিতে 150° – 180°C তাপমাত্রায় অ্যালকিন অথবা অ্যালকাইনের সাথে H_2 সংযুক্ত করে অ্যালকেন প্রস্তুত করা হয়ে থাকে।

(ক) অ্যালকিন থেকে : $R-CH=CH_2 + H_2 \xrightarrow[150°-180°C]{Ni} R-CH_2-CH_3$

উদাহরণ : $CH_3-CH=CH_2$ (প্রোপিন) $+ H_2 \xrightarrow[150°-180°C]{Ni} CH_3-CH_2-CH_3$ (প্রোপেন)

(খ) অ্যালকাইন থেকে : $R-C\equiv CH + 2H_2 \xrightarrow[150°-180°C]{Ni} R-CH_2-CH_3$

উদাহরণ : $CH_3-C\equiv CH$ (প্রোপাইন) $+ 2H_2 \xrightarrow[150°-180°C]{Ni} CH_3-CH_2-CH_3$ (প্রোপেন)

২. **অ্যালকাইল হ্যালাইড (R – X) থেকে :** অ্যালকাইল হ্যালাইড থেকে সাধারণত তিনটি উপায়ে অ্যালকেন প্রস্তুত করা যায়।

(ক) বিজারণ প্রক্রিয়ায় : Zn ও HCl এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন দ্বারা অ্যালকাইল হ্যালাইডকে বিজারিত করে অ্যালকেন পাওয়া যায়।

$R-X$ (অ্যালকাইল হ্যালাইড) $+ 2[H], \xrightarrow{Zn\,.\,HCl} R-H$ (অ্যালকেন) $+ HX.$

উদাহরণ : $CH_3-I + 2[H] \xrightarrow{Zn\,.\,HCl} CH_4 + HI.$

(খ) উর্টজ বিক্রিয়া দ্বারা : শুষ্ক ইথারে অ্যালকাইল হ্যালাইড সাধারণত ব্রোমাইড ও আয়োডাইড ও সোডিয়াম ধাতু যোগ করে উত্তপ্ত করলে অ্যালকেন উৎপন্ন হয়।

$2\,R-X + 2\,Na \xrightarrow[\text{তাপ}]{\text{শুষ্ক ইথার}} R-R + 2\,NaX,$ $\qquad 2\,CH_3-I + 2Na \xrightarrow[\text{তাপ}]{\text{শুষ্ক ইথার}} CH_3-CH_3 + 2\,NaI$

নিম্নতর অ্যালকাইল হ্যালাইড হতে উচ্চতর অ্যালকেন প্রস্তুতির এ প্রক্রিয়াকে উদ্ভাবকের নামানুসারে উর্টজ বিক্রিয়া বলা হয়।

এক্ষেত্রে ধাতব Na বিকারক হিসেবে এবং ইথার দ্রাবক হিসেবে কাজ করে। প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি অ্যালকাইল হ্যালাইড উর্টজ বিক্রিয়া প্রদর্শন করলেও টারসিয়ারি অ্যালকাইল হ্যালাইড এ বিক্রিয়া প্রদর্শন করে না। আবার এ বিক্রিয়ার সাহায্যে মিথেন (CH_4) প্রস্তুত করা যায় না। এমনকি বিজোড় সংখ্যক কার্বন পরমাণুবিশিষ্ট অ্যালকেন প্রস্তুতির ক্ষেত্রেও উর্টজ বিক্রিয়া ব্যবহার উপযোগী নয়। বিজোড় সংখ্যক কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট অ্যালকেন প্রস্তুতির ক্ষেত্রে কাঙ্ক্ষিত অ্যালকেনের পরিবর্তে মিশ্র অ্যালকেন উৎপন্ন হয়। অ্যালকেনগুলোর স্ফুটনাঙ্ক খুব কাছাকাছি বলে মিশ্রণ থেকে এদের পৃথক করাও বেশ কঠিন।

উর্টজ বিক্রিয়ার দ্বিতীয় ধাপ একটি S_N2 বিক্রিয়া। টারসিয়ারি অ্যালকাইল হ্যালাইড S_N2 বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে না।

*** তাহলে এবার বলো কোন অ্যালকাইল হ্যালাইডটি উর্টজ বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করবে না এবং কেন?**

(i) $CH_3 - I$, (ii) $CH_3 - CH_2 - Br$, (iii) $(CH_3)_2CH - CH_2 - I$, (iv) $(CH_3)_3C\,Br$

৩. **অ্যালডিহাইড ও কিটোন থেকে : (ক) ক্লিমেনসেন বিজারণ :** গাঢ় অ্যালডিহাইড ও কিটোন যৌগকে তীব্র বিজারক জিংক অ্যামালগাম (Zn/Hg) ও হাইড্রোক্লোরিক এসিড দ্বারা বিজারিত করলে একই কার্বনবিশিষ্ট অ্যালকেন উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে কার্বনিল মূলক ($>C=O$) বিজারিত হয়ে মিথিলিন ($-CH_2-$) মূলকে পরিবর্তিত হয় এবং অ্যালকেন উৎপন্ন হয়।

$$>C=O + 4[H] \xrightarrow[HCl]{Zn/Hg} -CH_2- + H_2O; \qquad Zn - Hg + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + Hg + 2[H]$$

$$R-CHO + 4[H] \xrightarrow[HCl]{Zn/Hg} R-CH_3 + H_2O; \quad CH_3-CHO + 4[H] \rightarrow CH_3-CH_3 + H_2O$$

$$R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-R + 4[H] \xrightarrow[HCl]{Zn/Hg} R-CH_2-R + H_2O; \quad CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_3 + 4[H] \xrightarrow[HCl]{Zn/Hg} CH_3-CH_2-CH_3 + H_2O$$

এ বিক্রিয়াটি **ক্লিমেনসেন বিজারণ (Clemmensen reduction) বিক্রিয়া** নামে পরিচিত।

মনে রাখবে : যেসব কিটোন এসিড দ্বারা প্রভাবিত হতে পারে এমন গ্রুপ থাকে তাদের ক্ষেত্রে ক্লিমেনসেন বিজারণ পদ্ধতি প্রযোজ্য হয় না। যেমন $CH_3-CH(OH)-CH_2-CO-CH_3$ যৌগটিকে ক্লিমেনসন বিজারণ করতে গেলে বিজারণের সাথে এক অণু H_2O অপসারিত হয়ে একটি $C=C$ দ্বিবন্ধনের সৃষ্টি করে।

(খ) উলফ কিশনার বিজারণ (Walf Kishner reduction) : অ্যালডিহাইড বা কিটোনের সাথে হাইড্রাজিন (NH_2-NH_2) বা সেমিকার্বাজাইডের ($H_2N-CO-NH-NH_2$) বিক্রিয়া ঘটালে যথাক্রমে হাইড্রাজোন ও সেমিকার্বাজোন উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন হাইড্রাজোন বা সেমি কার্বাজোনকে সোডিয়াম ইথক্সাইড (CH_3-CH_2-O-Na) সহযোগে 180 °C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন বা অ্যালকেন উৎপন্ন হয়।

$$\begin{matrix} H_3C \\ H_3C \end{matrix}\!\!>\!C=O + H_2N-NH_2 \longrightarrow \begin{matrix} H_3C \\ H_3C \end{matrix}\!\!>\!C=N-NH_2 + H_2O$$

$$\begin{matrix} H_3C \\ H_3C \end{matrix}\!\!>\!C=N-NH_2 \xrightarrow[180\,^\circ C]{CH_3-CH_2-O-Na} CH_3-CH_2-CH_3$$

আবিষ্কারকের নামানুসারে একে "উলফ কিশনার বিজারণ" বলা হয়।

৪. **ডিকার্বক্সিলেশন :** কার্বক্সিলিক এসিডের সোডিয়াম লবণকে সোডালাইম সহযোগে উত্তপ্ত করলে অ্যালকেন উৎপন্ন হয়।

$$R-COONa + NaOH \xrightarrow[\text{তাপ}]{CaO} R-H + Na_2CO_3; \quad CH_3-COONa + NaOH \xrightarrow[\text{তাপ}]{CaO} CH_4 + Na_2CO_3$$

এ পদ্ধতি অনুসরণ করে পরীক্ষাগারে অ্যালকেন প্রস্তুত করা হয়। এ বিক্রিয়ার সাহায্যে জৈব যৌগে কার্বন শিকলের একটি কার্বন পরমাণুকে হ্রাস করা যায়।

৫. **কোব সংশ্লেষণ :** এ পদ্ধতিতে কার্বক্সিলিক এসিডের Na/K লবণের গাঢ় জলীয় দ্রবণকে তড়িৎ বিশ্লেষণ করলে অ্যানোড তড়িদ্দ্বারে উচ্চতর অ্যালকেন উৎপন্ন হয়।

উদাহরণ : $2\,CH_3-COONa + 2H_2O \xrightarrow{\text{তড়িৎ বিশ্লেষণ}} \underbrace{CH_3-CH_3 + CO_2}_{\text{(অ্যানোড)}} + \underbrace{2NaOH + H_2}_{\text{(ক্যাথোড)}}$

এ বিক্রিয়াটি দুটি ধাপে সম্পন্ন হয়ে থাকে $CH_3-COONa \rightleftharpoons CH_3-COO^- + Na^+$

অ্যানোড তড়িদ্দ্বারে : $2CH_3-COO^- - 2e^- = CH_3-CH_3 + 2CO_2$

ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারে : $2Na^+ + 2e^- = 2Na$

$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$

৬. **গ্রিগনার্ড বিকারক হতে :** গ্রিগনার্ড বিকারককে আর্দ্র বিশ্লেষণ করলে অ্যালকেন উৎপন্ন হয়।

$R-MgX + H_2O \longrightarrow R-H + Mg(OH)X$

উদাহরণ : $CH_3-MgI + H_2O \longrightarrow CH_4 + Mg(OH)I.$

গ্রিগনার্ড বিকারক : শুষ্ক ইথারের উপস্থিতিতে অ্যালকাইল হ্যালাইড বা অ্যারাইল হ্যালাইডের সাথে ম্যাগনেসিয়ামের বিক্রিয়ায় অ্যালকাইল ম্যাগনেসিয়াম হ্যালাইড বা অ্যারাইল ম্যাগনেসিয়াম হ্যালাইড উৎপন্ন হয়। একে গ্রিগনার্ড বিকারক বলে।

$R-X + Mg \xrightarrow[\text{শীতল অবস্থায়}]{\text{শুষ্ক ইথার}} R-MgX;$ $\qquad Ar-X + Mg \xrightarrow[\text{শীতল অবস্থায়}]{\text{শুষ্ক ইথার}} Ar-MgX$

কঠিন অবস্থায় গ্রিগনার্ড বিকারক অস্থায়ী ও বিস্ফোরক। ইথার দ্রাবকে এটি স্থায়িত্ব লাভ করে এবং একে নিরাপদে ব্যবহার করা হয়। গ্রিগনার্ড বিকারক একটি কেন্দ্রাকর্ষী বিকারক। 1900 সালে ফরাসি বিজ্ঞানী ভিক্টর গ্রিগনার্ড সর্বপ্রথম এ জাতীয় যৌগ প্রস্তুত করেন। তাঁর কাজের স্বীকৃতিস্বরূপ 1912 সালে তাকে নোবেল পুরস্কারে ভূষিত করা হয়।

৭. **অ্যালকাইল হ্যালাইড থেকে :** অ্যালকাইল হ্যালাইড শুষ্ক ইথারের উপস্থিতিতে অ্যালকালি ধাতু সোডিয়ামের সাথে বিক্রিয়া করে অ্যালকেন উৎপন্ন করে।

$2R-X + 2Na \xrightarrow{\text{শুষ্ক ইথার}} 2NaX + R-R$

$2CH_3-I + 2Na \xrightarrow{\text{শুষ্ক ইথার}} 2NaI + CH_3-CH_3$

$2CH_3-CH_2-I + 2Na \xrightarrow{\text{শুষ্ক ইথার}} 2NaI + CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$

এ বিক্রিয়াটি **উর্টজ বিক্রিয়া** নামে পরিচিত। এ প্রক্রিয়ায় অ্যালকেনের প্রথম সদস্য মিথেন (CH_4) কে প্রস্তুত করা যায় না।

অ্যালকেনের শনাক্তকরণ : গ্যাসীয় জৈব নমুনার ক্ষেত্রে, নমুনাটি অ্যালকেন কিনা তা পরীক্ষার জন্য প্রথমে বড় একটি টেস্টটিউবের মধ্যে কক্ষ তাপমাত্রায় 5 – 7 mL গাঢ় H_2SO_4 নিয়ে এর মুখে দুই ছিদ্র যুক্ত একটি কর্ক এঁটে দাও। একটি ছিদ্রের মধ্যদিয়ে একটি আগম নলকে টেস্টটিউবের প্রায় নিচ পর্যন্ত প্রবেশ করে কর্কের অপর ছিদ্র দিয়ে একটি নির্গমনলকে যথারীতি নিয়মে যুক্ত করো। পরীক্ষাধীন গ্যাসীয় অ্যালকেনকে এবার গাঢ় H_2SO_4 এর মধ্যে চালনা করলে যদি কোনোরূপ বিক্রিয়া না করেই গ্যাস বেরিয়ে আসে তবে তা অ্যালকেন। এক্ষেত্রে টেস্টটিউবের H_2SO_4 এর আয়তনের কোনোই পরিবর্তন ঘটবে না।

$CH_4 / CH_3-CH_3 / CH_3-CH_2-CH_3 / CH_3-(CH_2)_2-CH_3 + H_2SO_{4(\text{গাঢ়})} \rightarrow$ কোনো বিক্রিয়া ঘটে নি।

তরল জৈব নমুনার ক্ষেত্রে, পরীক্ষানলে 0.5 – 1.0 mL গাঢ় H_2SO_4 নিয়ে তাতে সমপরিমাণ নমুনা যোগ কর। খুব সাবধানে সামান্য ঝাঁকাও। যদি যুক্ত তরল সম্পূর্ণ ভিন্নস্তর গঠন করে অবস্থান করে তবে তা অ্যালকেন।

কঠিন জৈব নমুনার ক্ষেত্রে, পরীক্ষানলে 2 mL গাঢ় H_2SO_4 নিয়ে এর মধ্যে জৈব নমুনাকে যোগ করো। যদি নমুনা অপরিবর্তিত থাকে তবে তা অ্যালকেন।

CH_4 শনাক্তকারী পরীক্ষা : মিথেন ওজোনের সাথে বিক্রিয়া করে মিথানাল উৎপন্ন করে। $CH_4 + 2O_3 \rightarrow H - CHO + H_2O + 2O_2$। এক্ষেত্রে মিথানালের ঝাঁঝালো গন্ধ পাওয়া যায়। উৎপন্ন মিথানালকে পানিতে দ্রবীভূত করে দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়। এ দ্রবণকে পরীক্ষানলে নিয়ে তাতে 2 – 4 ফোঁটা শ্রিভারের বিকারক (schryver's reagent) যোগ কর। দ্রবণে মিথানাল থাকলে দ্রবণের বর্ণ গোলাপি লাল ধারণ করে। মিথানালের উপস্থিতি প্রমাণিত হলে সিদ্ধান্তে নেওয়া হয় যে নমুনা গ্যাসটি মিথেন।



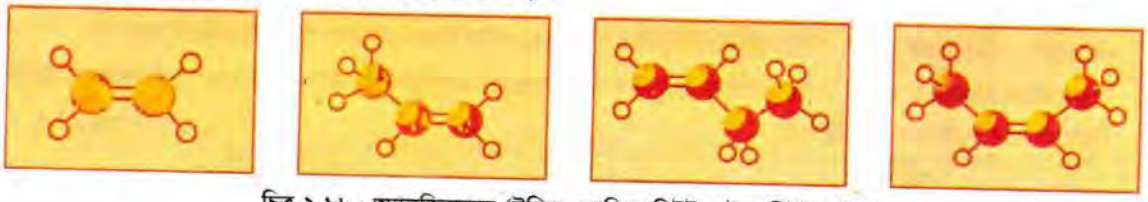
চিত্র ২.১৫ : অ্যালকেনের পরীক্ষা

* **শ্রিভারের বিকারক :** 2 ml জলীয় ফিনাইল হাইড্রাজিন হাইড্রোক্লোরাইড এবং 1 mL 5% (W/V) $K_4[Fe(CN)_6]$ দ্রবণে 5 mL গাঢ় HCl যোগ কর।

নিজে কর ২.২৫ :
১। উর্টস্ বিক্রিয়ার মাধ্যমে হেক্সেন প্রস্তুত কর। ২। ডিকার্বক্সিলেশন প্রক্রিয়ায় ইথেন প্রস্তুত কর।

২.১২.২ অ্যালকিন (Alkenes)

মুক্ত শিকল যুক্ত অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন যেখানে একটি মাত্র কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন বর্তমান থাকে এবং বাকি বন্ধনগুলো হাইড্রোজেন অথবা অ্যালকাইল মূলক দ্বারা সংযুক্ত থাকে, তাদেরকে অ্যালকিন বলে। অ্যালকিনের সাধারণ সংকেত হলো, C_nH_{2n};
এখানে, n = 2, 3, 4 ইত্যাদি। যখন, n = 2, C_2H_4 বা, $CH_2 = CH_2$ (ইথিন)
n = 3, C_3H_6 বা, $CH_3 - CH = CH_2$ (প্রোপিন)।


চিত্র ২.১৬ : অ্যালকিনসমূহ (ইথিন, প্রোপিন, বিউট-1-ইন, বিউট-2-ইন)

সাধারণ প্রস্তুতি :

১. **হ্যালোঅ্যালকেন থেকে :** হ্যালোঅ্যালকেন বা অ্যালকাইল হ্যালাইডকে অ্যালকোহলীয় কস্টিক পটাশ বা কস্টিক সোডা দ্বারা উত্তপ্ত করলে HX এর অপসারণের মাধ্যমে অ্যালকিন উৎপন্ন হয়।

$$R - CH_2 - CH_2 - X + KOH \xrightarrow{\text{তাপ}} R - CH = CH_2 + KX + H_2O.$$

উদাহরণ : $CH_3 - CHCl - CH_3 + KOH \xrightarrow{\text{তাপ}} CH_3 - CH = CH_2 + KCl + H_2O$

২. **অ্যালকোহলের নিরুদন পদ্ধতি দ্বারা :** অ্যালকোহলকে বিভিন্ন নিরুদক যেমন গাঢ় সালফিউরিক এসিড (H_2SO_4) বা ফসফরিক এসিড (H_3PO_4) অথবা অ্যালুমিনা (Al_2O_3) এর উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করলে অ্যালকোহল হতে পানির অপসারণ ঘটে অ্যালকিন উৎপন্ন হয়।

$$R - CH_2 - CH_2OH + H_2SO_4 \xrightarrow{\text{তাপ}} R - CH = CH_2 + (H_2SO_4 + H_2O)$$

উদাহরণ : $CH_3 - CH_2OH + H_2SO_4 \xrightarrow{170°C} CH_2 = CH_2 + (H_2SO_4 + H_2O)$

$$CH_3 - CH_2OH \xrightarrow[400°C]{Al_2O_3} CH_2 = CH_2 + H_2O$$

ব্যাখ্যা : অ্যালকোহলের নিরুদনের আয়নীয় ব্যাখ্যা :

বিক্রিয়া : $CH_3 - CH_2 - OH \xrightarrow[170\ ^\circ C]{\text{গাঢ়}\ H_2SO_4} CH_2 = CH_2 + H_2O$

ইথানলের $-\ddot{O}H$ গ্রুপের O-পরমাণু নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় এসিডের প্রোটন (H^+) গ্রহণ করে ধনাত্মক আধানযুক্ত আয়ন, অক্সোনিয়াম আয়ন গঠন করে। এটি এক অণু পানিকে অপসারিত করে ইথাইল ক্যাটায়ন সৃষ্টি হয় এবং মধ্যবর্তী অবস্থায় ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট এস্টার উৎপন্ন করে। এ ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট ভেঙে ইথিন ও সালফিউরিক এসিড উৎপন্ন করে।

$$CH_3 - CH_2 - OH + H_2SO_4 \rightleftharpoons CH_3 - CH_2 - \overset{+}{O}H_2 + HSO_4^-$$

$$CH_3 - CH_2 - \overset{+}{O}H_2 \rightleftharpoons CH_3 - \overset{+}{C}H_2 + H_2O$$

$$CH_3 - \overset{+}{C}H_2 + HSO_4^- \rightleftharpoons CH_3 - CH_2 - O - SO_2 - OH$$

(ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট)

$$H - CH_2 - CH_2 - O - SO_2 - OH \rightleftharpoons CH_2 = CH_2 + H_2SO_4$$

ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেটকে অজৈব এস্টার (Inorganic ester) বলা হয়।

প্রতি অণু ইথানল থেকে ইথিন অণুতে পরিণত হওয়ার সময় এক অণু পানি উৎপন্ন হয়। এর ফলে এক সময় H_2SO_4 এত লঘু হয়ে যায় যে এর নিরূদন ক্ষমতা প্রায় থাকে না। সেজন্য আরও ইথিন গ্যাস পাওয়ার জন্য ইথাইল অ্যালকোহলের সাথে গাঢ় H_2SO_4 যোগ করতে হয় এবং কিছুক্ষণ পর পর সংযোগ প্রক্রিয়াটি অব্যাহত রাখা হয়।

৩. **সন্নিহিত ডাইহ্যালাইড থেকে :** সন্নিহিত ডাইহ্যালাইডকে জিংক চূর্ণসহ উত্তপ্ত করলে হ্যালোজেন অপসারিত হয়ে অ্যালকিন উৎপন্ন হয়।

$$R - \underset{X}{\underset{|}{CH}} - \underset{X}{\underset{|}{CH_2}} \xrightarrow[\text{তাপ}]{Zn} R - CH = CH_2 + ZnX_2$$

উদাহরণ : $CH_3 - \underset{Cl}{\underset{|}{CH}} - \underset{Cl}{\underset{|}{CH_2}} \xrightarrow[\text{তাপ}]{Zn} CH_3 - CH = CH_2$ (প্রোপিন) $+ ZnCl_2$

৪. **উচ্চতর অ্যালকেন হতে :** উচ্চতর অ্যালকেনকে প্রভাবকের উপস্থিতিতে উচ্চ চাপে ও উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে, অ্যালকেন অণুর ভাঙনের ফলে ক্ষুদ্রতর অ্যালকেন ও অ্যালকিন অণুর সৃষ্টি হয়। উদাহরণস্বরূপ :

$CH_3 - (CH_2)_8 - CH_3 \rightarrow CH_3(CH_2)_4CH_4 + CH_2 = CH - CH_2 - CH_3$

$C_{10}H_{22} \rightarrow C_6H_{14} + C_4H_8$

৫. **অ্যালকাইল হ্যালাইডের ডিহাইড্রোহ্যালোজেনেশন দ্বারা :** অ্যালকাইল হ্যালাইডের ডিহাইড্রোহ্যালোজেনেশন বিক্রিয়া দ্বারা অ্যালকিন উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে কখনো কখনো একাধিক অ্যালকিন উৎপন্ন হতে পারে। অ্যালকাইল হ্যালাইডের যে কার্বন পরমাণুর সাথে হ্যালোজেন পরমাণুটি যুক্ত থাকে তার দুপাশের দুটি কার্বন পরমাণুতেই যদি অপসারণযোগ্য হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে তবে ডিহাইড্রোহ্যালোজেনেশন প্রক্রিয়ায় দুটি অ্যালকিন উৎপন্ন হয়। উদাহরণস্বরূপ : 2-ক্লোরোবিউটেনের ($\overset{1}{C}H_3 - \overset{2}{C}H(Cl) - \overset{3}{C}H_2 - \overset{4}{C}H_3$) 2নং কার্বন পরমাণুতে ক্লোরিন যুক্ত আছে। 1 নং ও 3 নং উভয় কার্বন পরমাণুতেই অপসারণযোগ্য হাইড্রোজেন পরমাণু বর্তমান। সুতরাং 2-ক্লোরোবিউটেনের ডিহাইড্রোহ্যালোজেনেশন বিক্রিয়ায় বিউট-1-ইন ও বিউট-2-ইন এ দুটি অ্যালকিন উৎপন্ন হয়।

$$CH_3 - \underset{Cl}{\underset{|}{CH}} - CH_2 - CH_3 \xrightarrow[-HCl]{\text{অ্যালকোহলীয়}\ KOH} \begin{cases} \overset{1}{C}H_2 = \overset{2}{C}H - \overset{3}{C}H_2 - \overset{4}{C}H_3 & \text{বিউট-1-ইন} \\ \overset{1}{C}H_3 - \overset{2}{C}H = \overset{3}{C}H - \overset{4}{C}H_3 & \text{বিউট-2-ইন} \end{cases}$$

কোন অ্যালকিনটি অধিক পরিমাণে উৎপন্ন হবে তা নির্ধারণের জন্য **সাইজেফ (Saytzeff)** একটি সূত্র দেন। **"অ্যালকাইল হ্যালাইডের ডিহাইড্রোহ্যালোজেনেশন বিক্রিয়ায় একাধিক অ্যালকিন উৎপন্ন হওয়ার সম্ভাবনা থাকলে সবচেয়ে বেশি প্রতিস্থাপিত অ্যালকিনটি অধিক পরিমাণে উৎপন্ন হয়।"** 2-ক্লোরো বিউটেনের ডিহাইড্রোহ্যালোজেনেশন বিক্রিয়ায় বিউট-1-ইন এর তুলনায় বিউট-2-ইন অধিক পরিমাণে উৎপন্ন হয়। কারণ বিউট-1-ইন এর চেয়ে বিউট-2-ইন অধিক প্রতিস্থাপিত অ্যালকিন। এ বিক্রিয়াটি সাইজেফ অপসারণ বিক্রিয়া নামে পরিচিত।

মনে রাখবে : E2 অপসারণ বিক্রিয়ার মাধ্যমে অ্যালকিন প্রস্তুত করার সময় একাধিক গঠনযুক্ত সমাণুক অ্যালকিন উৎপন্ন হয়ে থাকে। যখন উৎপন্ন অ্যালকিন সবচেয়ে অধিক সংখ্যক অ্যালকিন গ্রুপ প্রতিস্থাপিত ইথিনের গঠনাকৃতির হয় তখন বিক্রিয়াকে সাইজেফ অপসারণ বিক্রিয়া বলা হয় এবং বিক্রিয়ায় যদি সর্বাপেক্ষা কম সংখ্যক অ্যালকিন গ্রুপ প্রতিস্থাপিত ইথিন উৎপন্ন হয় তবে ঐ বিক্রিয়াকে হফম্যান অপসারণ বিক্রিয়া বলা হয়। উৎপন্ন অ্যালকিনকে এ শর্ত অনুযায়ী সাইজেফ্ অ্যালকিন ও হফম্যান অ্যালকিন বলা হয়।

$$CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{CH}}-CH_3 \xrightarrow[\text{তাপ}]{KOH,\ C_2H_5OH} \underset{\text{(a)}}{CH_3-CH=CH-CH_3} + \underset{\text{(b)}}{CH_3-CH_2-CH=CH_2}$$

(a) সাইজেফ অ্যালকিন এবং (b) হফম্যান অ্যালকিন। এক্ষেত্রে মুখ্য উৎপাদ হিসেবে a অ্যালকিন বা বিউট-2-ইনকে পাওয়া যায়।

অ্যালকাইল হ্যালাইডের ক্ষেত্রে বৃহদাকৃতির ক্ষার যেমন $(CH_3)_3\ C\bar{O}K^+$ বা, $(C_2H_5)_3\ CO^-K^+$ ব্যবহার করলে হফম্যান অপসারণ বিক্রিয়া প্রাধান্য পায়।

$$CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{CH}}-CH_3 \xrightarrow[(CH_3)_3COK]{} \underset{\text{(মুখ্য উৎপাদ)}}{CH_3-CH_2-CH=CH_2} + \underset{\text{(গৌণ উৎপাদ)}}{CH_3-CH=CH-CH_3}$$

অ্যালকিনের শনাক্তকরণ :

১. **ব্রোমিন (Br_2) দ্রবণ পরীক্ষা :** তরল ব্রোমিনকে কার্বন টেট্রাক্লোরাইডে দ্রবীভূত করে 2% দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়। ব্রোমিনের এ দ্রবণটি লালচে বাদামি বর্ণের হয়। অ্যালকিনের সাথে ব্রোমিনের লাল দ্রবণ মিশালে যদি ব্রোমিনের লালচে বাদামি বর্ণ সাথে সাথে দূরীভূত হয়, তবে সেটি অ্যালকিন।

$$R-CH=CH_2 + Br_2 \xrightarrow{CCl_4} R-CH\ Br-CH_2Br$$

উদাহরণ : $CH_2=CH_2$ (ইথিন) + $Br_2 \xrightarrow{CCl_4} CH_2Br-CH_2Br$ (1.2- ডাইব্রোমোইথেন)

মনে রাখবে : অ্যালিফেটিক অ্যালডিহাইড অণুতে যদি α-কার্বন পরমাণুতে H-উপস্থিত থাকে তবে CCl_4 যুক্ত Br_2 দ্রবণের লাল বর্ণ বর্ণহীন হয়ে যায়।

২. **বেয়ার পরীক্ষা :** ক্ষারীয় 2% পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ($KMnO_4$) লালচে বেগুনি বর্ণ যুক্ত দ্রবণ। শীতল ও লঘু এ বেগুনি বর্ণের দ্রবণ অ্যালকিনের উপস্থিতিতে দ্রুত বর্ণহীন দ্রবণে পরিণত হয়।

$$2KMnO_4 + 2KOH \longrightarrow 2K_2MnO_4 + H_2O + [O]$$

$$R-CH=CH_2 + H_2O + [O] \xrightarrow[KOH]{KMnO_4} R-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH_2}}$$

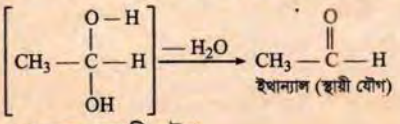
$$CH_2=CH_2 + H_2O + [O] \xrightarrow[KOH]{KMnO_4} \overset{1}{CH_2OH}-\overset{2}{CH_2OH}\ \text{(ইথেন-1, 2-ডাইঅল)}$$

এ পরীক্ষা দুটি জৈব যৌগের অসম্পৃক্ততার শনাক্তকারী পরীক্ষা হিসেবে পরিচিত।

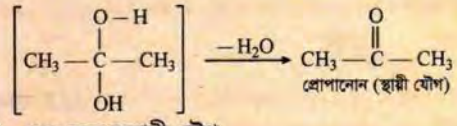
যদি জৈব যৌগে এমন কোন গ্রুপ যেমন, – CHO উপস্থিত থাকে তবে এ জাতীয় যৌগ $KMnO_4$ দ্বারা সহজেই জারিত হয়ে থাকে। এক্ষেত্রে জৈব যৌগটি অসম্পৃক্ত না থাকলেও যৌগটি $KMnO_4$ এর লালচে বেগুনি বর্ণ বর্ণহীন করে থাকে।

মনে রাখবে :
দ্বিবন্ধন বা ত্রিবন্ধন যদি একটি কার্বন পরমাণু এবং অন্য মৌলের মধ্যে থাকে, তখন সাধারণভাবে এরা অসম্পৃক্ত জৈব যৌগ হয় না। যেমন (i) $CH_3-CO-CH_3$ (প্রোপানোন)। (ii) $CH_3 \equiv N$ (ইথেন নাইট্রাইল) অসম্পৃক্ত জৈব যৌগ নয়।

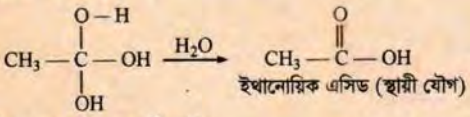
মনে রাখবে : একই কার্বন পরমাণুতে একের অধিক হাইড্রক্সিল (– OH) গ্রুপ থাকতে পারে না। একাধিক – OH গ্রুপের অবস্থানের কারণে যৌগটি অস্থায়ী হয়। কারণ – $\ddot{O}H$ গ্রুপের নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় দুইটি পরস্পরকে তীব্রভাবে বিকর্ষণ করে। এ বিকর্ষণ বলের কারণে অতি সহজেই পানির অণুর অপসারিত হয় এবং অস্থায়ী যৌগটি পরিবর্তিত হয়ে অ্যালডিহাইড, কিটোন বা কার্বক্সিলিক এসিডে পরিবর্তিত হয়। উদাহরণস্বরূপ :



দুটি – OH যুক্ত অস্থায়ী যৌগ

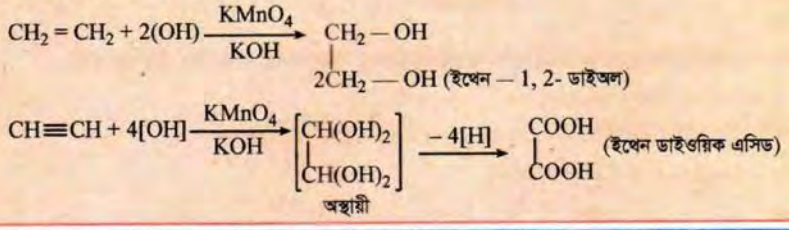


দুটি – OH যুক্ত অস্থায়ী যৌগ



তিনটি –OH যুক্ত অস্থায়ী যৌগ

এ কারণে জৈব যৌগের অসম্পৃক্ততার পরীক্ষা বেয়ার পরীক্ষা সম্পন্ন করার ক্ষেত্রে ক্ষারীয় $KMnO_4$ দ্রবণে ইথিন ($CH_2 = CH_2$) গ্যাসকে চালনা করলে ইথেন – 1, 2- ডাইঅল উৎপন্ন হলেও ইথাইন ($CH \equiv CH$) এর ক্ষেত্রে অক্সালিক এসিড বা, (ইথেন ডাইওয়িক এসিড) উৎপন্ন হয়।



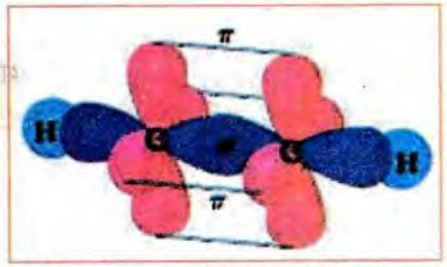
নিজে কর - ২.২৫ :
বিউট-2-অল এবং বিউট-1-অলকে পৃথকভাবে গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে 170°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে কী উৎপন্ন হয়।

২.১২.৩ অ্যালকাইন (Alkynes)

মুক্ত শিকল যুক্ত অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন যেখানে একটি মাত্র কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধন বর্তমান থাকে এবং বাকি বন্ধনে হাইড্রোজেন অথবা অ্যালকাইল মূলক দ্বারা সংযুক্ত থাকে, তাদেরকে অ্যালকাইন বলে। অ্যালকাইনের সাধারণ সংকেত C_nH_{2n-2}. এখানে, n = 2, 3, 4 ইত্যাদি।

যখন, n = 2, C_2H_2 বা, $CH \equiv CH$ (ইথাইন)

n = 3, C_3H_4 বা, $CH_3 – C \equiv CH$ (প্রোপাইন)

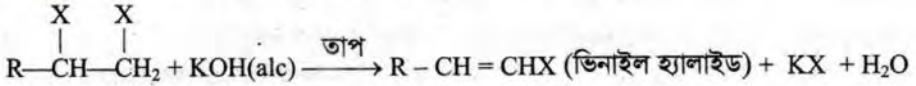


চিত্র ২.১৭ : অ্যালকাইনের অরবিটাল চিত্র

সাধারণ প্রস্তুতি :

১. **ভিসিনাল ডাই হ্যালাইড হতে :** ভিসিনাল ডাইহ্যালাইডকে ডি-হাইড্রোহ্যালোজিনেশন করলে এটি অ্যালকাইনে পরিণত হয়। সমগ্র প্রক্রিয়াটি দুটি ধাপে সম্পন্ন হয়ে থাকে।

১ম ধাপে : ইথানলের জলীয় দ্রবণে দ্রবীভূত KOH এর সাথে ভিসিনাল ডাইহ্যালাইড মিশ্রিত করে মিশ্রণকে উত্তপ্ত করলে প্রথমে ভিনাইল হ্যালাইড উৎপন্ন হয়।



২য় ধাপে : উৎপন্ন ভিনাইল হ্যালাইডের মধ্যে সোডিয়াম অ্যামাইড যোগ করে উত্তমরূপে ঝাঁকালে অ্যালকাইন উৎপন্ন হয়।

$$R - CH = CHX + NaNH_2 \longrightarrow R - C \equiv CH \text{ (অ্যালকাইন)} + NaX + NH_3$$

উদাহরণ :
$$R - \underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{CH}} - \underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{CH_2}} + KOH_{(alc)} \xrightarrow{\text{তাপ}} R - CH = \underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{CH}} + KBr + H_2O$$

$$CH_3 - \underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{CH}} = CH + NaNH_2 \longrightarrow CH_3 - C \equiv CH \text{ (প্রোপাইন)} + NaBr + NH_3$$

২. **জেমিনাল ডাইহ্যালাইড হতে :** জেমিনাল ডাইহ্যালাইডের সাথে অ্যালকোহলীয় কস্টিক পটাস দ্রবণকে মিশ্রিত করে মিশ্রণকে উত্তপ্ত করলে অ্যালকাইন উৎপন্ন হয়।

$$R - CH_2 - \underset{\displaystyle X}{\underset{|}{CH}} + 2KOH_{(alc)} \xrightarrow{\text{তাপ}} R - C \equiv CH + 2\,KCl + 2H_2O$$

উদাহরণ :
$$CH_3 - CH_2 - \underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{CH}} + 2\,KOH_{(alc)} \xrightarrow{O} \underset{\text{প্রোপাইন}}{CH_3 - C \equiv CH} + 2KBr + 2H_2O$$

৩. **সোডিয়াম অ্যালকানাইড হতে :** সোডিয়াম অ্যালকানাইডকে আর্দ্র বিশ্লেষণ করলে অ্যালকাইন উৎপন্ন হয়।

$$R - C \equiv CNa + H_2O \longrightarrow R - C \equiv CH + NaOH$$

উদাহরণ : $CH \equiv CNa$ (সোডিয়াম অ্যাসিটিলাইড) $+ H_2O \longrightarrow HC \equiv CH + NaOH$

$$CH_3 - C \equiv CNa + H_2O \longrightarrow R - C \equiv CH + NaOH$$

অ্যালকাইনের শনাক্তকরণ :

১. **ডাই অ্যামমিন সিলভার (I) নাইট্রেট দ্রবণ পরীক্ষা :** ডাই অ্যামমিন সিলভার (I) নাইট্রেট দ্রবণের মধ্যে অ্যালকাইন গ্যাস চালনা করলে সিলভার অ্যালকাইনাইডের সাদা বর্ণের অধঃক্ষেপের সৃষ্টি হয়ে থাকে।

$$R - C \equiv CH + [Ag(NH_3)_2]NO_3 \rightarrow \underset{\text{সিলভার অ্যালকাইনাইড}}{R - C \equiv CAg\downarrow} + NH_4NO_3 + NH_3$$

এ বিক্রিয়াটি অ্যালকাইন-1 এর ক্ষেত্রে প্রযোজ্য।

$$CH \equiv CH + 2[Ag(NH_3)_2]NO_3 \rightarrow AgC \equiv CAg + 2NH_4NO_3 + 2NH_3$$

২. **ডাই অ্যামমিন কপার (I) ক্লোরাইড দ্রবণ পরীক্ষা :** ডাই অ্যামমিন কপার (I) ক্লোরাইড দ্রবণের মধ্যে অ্যালকাইন গ্যাস চালনা করলে কপার অ্যালকাইনাইডের লাল বর্ণের অধঃক্ষেপের সৃষ্টি হয়ে থাকে।

$$R - C \equiv CH + [Cu(NH_3)_2]Cl \rightarrow \underset{\text{কপার অ্যালকাইনাইড}}{R - C \equiv CCu\downarrow_{(\text{লাল})}} + NH_4Cl + NH_3$$

এ বিক্রিয়াটিও অ্যালকাইন-1 এর ক্ষেত্রে প্রযোজ্য।

$$CH \equiv CH + 2[Cu(NH_3)_2]Cl \rightarrow CuC \equiv CCu + 2NH_4Cl + 2NH_3$$

মনে রাখবে : শনাক্তকরণের বিক্রিয়া দুটিতে অ্যালকাইন-1 বা ইথাইন অম্লধর্ম প্রদর্শন করলেও এরা NaOH বা KOH এর সাথে কোন বিক্রিয়া করে না। কারণ ইথাইন ($CH \equiv CH$), পানি (H_2O) অপেক্ষা দুর্বল এসিড এবং OH^-, $CH \equiv \ddot{C}^-$ অপেক্ষা অতি দুর্বল ক্ষারক। তাই দুর্বল এসিড $CH \equiv CH$, দুর্বল ক্ষারক OH^- এর সাথে বিক্রিয়া করে শক্তিশালী এসিড H_2O ও শক্তিশালী ক্ষারক $CH \equiv \ddot{C}^-$ উৎপন্ন করে না। এ কারণে, $CH \equiv CH$ বা অ্যালকাইন-1 কখনোই NaOH বা KOH এর সাথে বিক্রয়া করে না।

চিন্তা করে উত্তর দাও – ২.২৬ :

১. বিউট-1-আইন ও বিউট-2-আইন এর মধ্যে দুটি পার্থক্য সূচক পরীক্ষা সমীকরণসহ লেখ।

২. ইথিন ($CH_2 = CH_2$) ও ইথাইন ($CH \equiv CH$) গ্যাস দুটির মধ্যে কীভাবে পার্থক্য নির্ধারণ করবে?

৩. ইথেন ($CH_3 - CH_3$), ইথিন ($CH_2 = CH_2$) ও ইথাইন ($CH \equiv CH$) এর গ্যাস মিশ্রণ থেকে উপাদান তিনটিকে কিভাবে বিশুদ্ধ অবস্থায় পৃথক করবে?

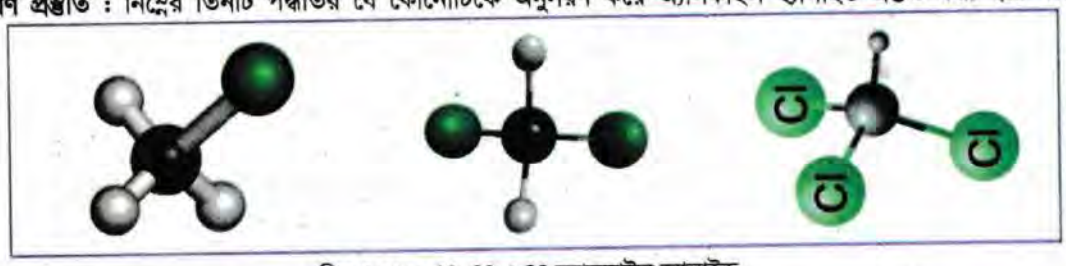
২.১২.৪ | অ্যালকাইল হ্যালাইড (Alkyl halides)

অ্যালকেন অণু থেকে একটিমাত্র হাইড্রোজেন পরমাণু হ্যালোজেন পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হলে যে যৌগ শ্রেণি পাওয়া যায় তাকে অ্যালকাইল হ্যালাইড বলে। এর সাধারণ সংকেত R – X

$C_nH_{2n+2} \xrightarrow[+[X]]{-[H]} C_nH_{2n+1}X$ এখানে, n = 1, 2, 3 ..... ইত্যাদি। n = 1 হলে–

$CH_3 - X \longrightarrow$ $CH_3 - Cl$ (ক্লোরোমিথেন), $CH_3 - Br$ (ব্রোমোমিথেন), $CH_3 - I$ (আয়োডোমিথেন)

সাধারণ প্রস্তুতি : নিম্নের তিনটি পদ্ধতির যে কোনোটিকে অনুসরণ করে অ্যালকাইল হ্যালাইড প্রস্তুত করা হয়ে থাকে।



চিত্র ২.১৮ : 1°, 2° ও 3° অ্যালকাইল হ্যালাইড

১. **অ্যালকেন থেকে :** 400 °C তাপমাত্রায় বা UV রশ্মি ও প্রভাবক হ্যালোজেন বাহকের উপস্থিতিতে অ্যালকেনের সাথে হ্যালোজেন বিশেষ করে Cl_2 ও Br_2 এর বিক্রিয়ায় অ্যালকাইল হ্যালাইড উৎপন্ন হয়।

$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow[Fe\ প্রভাবক]{400°C} HCl + CH_3 - Cl$; $CH_4 + Br_2 \xrightarrow[Fe\ প্রভাবক]{400°C} HBr + CH_3 - Br$

এ প্রক্রিয়ায় কিছু পলিহ্যালোজেন অ্যালকেন উৎপন্ন হয়। আংশিক পাতন প্রক্রিয়ায় তাদেরকে পৃথক করে নেওয়া হয়। অ্যালকেনের সাথে হ্যালোজেনের বিক্রিয়ার ক্রম $F_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2$.

অ্যালকেনের বিক্রিয়ার ক্রম : টারশিয়ারি অ্যালকেন > সেকেন্ডারি অ্যালকেন > প্রাইমারি অ্যালকেন।

২. **অ্যালকিন থেকে :** সামান্য তাপমাত্রায় বেনজয়েল পারঅক্সাইড এর উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন হ্যালাইড বিশেষ করে HBr এর সাথে অ্যালকিনের বিক্রিয়ায় অ্যালকাইল হ্যালাইড প্রস্তুত করা যায়।

$R - CH = CH_2 + H X \xrightarrow[(C_6H_5CO)_2O]{} R - CH_2 - CH_2 - X$

$R - CH = CH_2 + H X \longrightarrow R - CH X - CH_3$

উদাহরণ : $CH_3 - CH = CH_2 + HBr \longrightarrow CH_3 - CHBr - CH_3$

$CH_3 - CH = CH_2 + HBr \xrightarrow[(C_6H_5CO)_2O]{\text{বেনজয়েল পারঅক্সাইড}} CH_3 - CH_2 - CH_2Br$ (ব্রোমো প্রোপেন)

তবে এ বিক্রিয়া HF, HCl, HI এর ক্ষেত্রে প্রযোজ্য হয় না।

৩. **অ্যালকোহল থেকে :** অনার্দ্র $ZnCl_2$ বা গাঢ় H_2SO_4 এর উপস্থিতিতে অ্যালকোহলের সাথে হাইড্রোজেন হ্যালাইডের বিক্রিয়ায় অ্যালকাইল হ্যালাইড উৎপন্ন হয়।

$R - OH + H X \rightleftharpoons R - X + H_2O$

বিক্রিয়াটি উভমুখী বিধায় উৎপন্ন পানিকে অপসারণের জন্য নিরুদক H_2SO_4, অনার্দ্র $ZnCl_2$ ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

$R - CH_2 - OH + HCl \xrightarrow{\text{অনার্দ্র } ZnCl_2} R - CH_2 - Cl + H_2O$

এ বিক্রিয়ায় অনার্দ্র $ZnCl_2$ লুইস এসিড হিসেবে কাজ করে বলে অ্যালকোহলের C – O বন্ধন বিভাজনে সহায়তা করে।

বিক্রিয়ার কৌশল : $HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$

$$R-CH_2-OH + ZnCl_2 \overset{HCl}{\rightleftharpoons} R-CH_2-\overset{H}{\underset{H}{O^+}}-ZnCl_3^- \longrightarrow \underset{\text{(কার্বোক্যাটায়ন)}}{R-CH_2^+} + ZnCl_3^- + H_2O$$

$ZnCl_3^- \longrightarrow ZnCl_2 + Cl^-$; $R-\overset{+}{C}H_2 + Cl^- \longrightarrow R-CH_2-Cl$

অনার্দ্র $ZnCl_2$ লুইস এসিড হিসেবে কাজ করে থাকে।

এ বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে অ্যালকোহলের বিক্রিয়ার ক্রম :

$3^\circ > 2^\circ > 1^\circ$ এবং HX এর বিক্রিয়ার ক্রম HI > HBr > HCl.

$$CH_3-OH(l) + H\,Br(aq) \xrightarrow[\text{তাপ}]{\text{গাঢ় } H_2SO_4} CH_3-Br(l) + H_2O(l)$$

$$CH_3-OH(l) + HI(aq)\,(57\%) \xrightarrow{\text{তাপ}} CH_3-I(l) + H_2O(l)$$

350°C তাপমাত্রায় প্রভাবক Al_2O_3 এর উপর দিয়ে অ্যালকোহল ও হাইড্রোজেন হ্যালাইড বাষ্প চালনা করলে অ্যালকাইল হ্যালাইড উৎপন্ন হয়।

$$R-CH_2-OH + HX \xrightarrow[Al_2O_3]{350^\circ C} R-CH_2-X + H_2O$$

অ্যালকোহলের সাথে হাইড্রোজেন হ্যালাইডের বিক্রিয়া নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া। যেহেতু কার্বোক্যাটায়নের স্থায়িত্বের ক্রম $3^\circ > 2^\circ > 1^\circ$, অ্যালকোহলের সক্রিয়তার ক্রমও একই হবে। অর্থাৎ $3^\circ > 2^\circ > 1^\circ$ এ ধারাক্রম অনুযায়ী নিউক্লিওফিলিক বিক্রিয়া সম্পন্ন হয়।

আবার H – X বন্ধনের ক্ষেত্রে বন্ধন বিভাজন শক্তির ক্রম,

H – I > H – Br > H – Cl > H – F। এজন্য হ্যালোজেন এসিডের সক্রিয়তার ক্রম HI > HBr > HCl > HF।

অ্যালকোহলের সাথে ধাতব ক্লোরাইড, ব্রোমাইড ও আয়োডাইডের বিক্রিয়ায় অ্যালকাইল হ্যালাইড প্রস্তুত করা যায় না। কারণ ধাতব ক্লোরাইডের (Cl^-) ব্রোমাইডের (Br^-) ও আয়োডাইডের (I^-) আয়ন খুবই দুর্বল ক্ষার বলে তীব্র ক্ষার বা শক্তিশালী নিউক্লিওফাইল –OH কে প্রতিস্থাপিত করতে পারে না।

কিন্তু তীব্র এসিড HCl, HBr বা HI অ্যালকোহলের সাথে বিক্রিয়া করে অ্যালকাইল হ্যালাইড উৎপন্ন করে। কারণ প্রথমে এসিডসমূহের প্রোটন (H^+) এর সাথে অ্যালকোহল যুক্ত হয়ে $R-OH_2^+$ উৎপন্ন করে। দ্বিতীয় ধাপে $R-OH_2^+$ হতে H_2O অপসারিত হয় এবং উৎপন্ন R^+ ও হ্যালাইড আয়ন Cl^-, Br^- বা I^- অতিসহজে যুক্ত হয়ে অ্যালকাইল হ্যালাইড গঠন করে। এক্ষেত্রে উৎপন্ন H_2O মৃদু ক্ষার ও দুর্বল নিউক্লিওফিলিক বিকারক বলে বিক্রিয়ায় কোনো ভূমিকা রাখে না।

$R-OH + NaX \longrightarrow$ কোনো বিক্রিয়া ঘটে না। $R-OH + HI \longrightarrow R-I + H_2O$

৪. উত্তপ্ত অবস্থায় অ্যালকোহলের সাথে PX_3 ও PX_5 এর বিক্রিয়ায় অ্যালকাইল হ্যালাইড উৎপন্ন হয়।

$$3R-OH(l) + PX_3(l) \xrightarrow{\text{তাপ}} 3R-X(l) + H_3PO_3(l);\quad R-OH(l) + PX_5(s) \xrightarrow{\text{তাপ}} R-X + POX_3 + HX.$$

উদাহরণ : $3CH_3-OH + PI_3(l) \xrightarrow{\text{তাপ}} 3CH_3-I(l) + H_3PO_3.$

$$CH_3-CH_2-OH + PCl_5(s) \xrightarrow{\text{তাপ}} CH_3-CH_2-Cl(l) + POCl_3 + HCl$$

তবে, 1° অ্যালকোহল ও 2° অ্যালকোহল থেকে অ্যালকাইল ক্লোরাইড প্রস্তুত করার সময় $SOCl_2$ ব্যবহার করা হয়। কারণ বিক্রিয়ার সময় উৎপন্ন SO_2 ও HCl গ্যাসরূপে অপসারিত হয়ে যায়।

$$R-OH + SOCl_2 \xrightarrow{\Delta} R-Cl + SO_{2(g)} + HCl(g).$$

অ্যালকোহলের সাথে সরাসরি HBr(aq) ও HI(aq) এর বিক্রিয়ায় অ্যালকাইল ব্রোমাইড ও অ্যালকাইল আয়োডাইড প্রস্তুত করা যায়।

$$R - CH_2 - OH + HBr(48\%) \xrightarrow{H_2SO_4 \text{ গাঢ়}} R - CH_2 - Br + H_2O$$

$$R - CH_2 - OH + HI\ (57\%) \longrightarrow R - CH_2 - I + H_2O$$

HI এর ক্ষেত্রে H_2SO_4 ব্যবহারের প্রয়োজন পড়ে না বা ব্যবহার করাও উচিত নয়।

অ্যালকাইল হ্যালাইড বা অ্যালকেনের মনো হ্যালোজেন জাতকগুলোর মধ্যে নিম্নতর যৌগগুলো যেমন, CH_3F, $CH_3–Cl$, CH_3Br, $CH_3 - CH_2 - F$, $CH_3 - CH_2 - Cl$ কক্ষ তাপমাত্রায় গ্যাসীয়। উচ্চতর মনো হ্যালোজেন জাতক (--- C_{18} পর্যন্ত) কক্ষতাপমাত্রায় তরল। পরবর্তী উচ্চতর মনো হ্যালোজেন জাতক কঠিন। সম কার্বনবিশিষ্ট মনো হ্যালোজেন জাতকগুলোর স্ফুটনাঙ্কের ক্রম : আয়োডাইড > ব্রোমাইড > ক্লোরাইড।

অর্থাৎ RI > RBr > RCl > RF।

অ্যালকাইল হ্যালাইড	CH_3I	CH_3Br	CH_3Cl	CH_3F
স্ফুটনাঙ্ক °C	42.4	3.6	– 24.2	– 78.4

একই হ্যালোজেন পরমাণুর ক্ষেত্রে অ্যালকাইল হ্যালাইডের স্ফুটনাঙ্ক আণবিক ভর বৃদ্ধির সাথে বৃদ্ধি পায়।

অ্যালকাইল হ্যালাইড	$CH_3–Cl$	$CH_3–CH_2–Cl$	$CH_3–CH_2– CH_2– Cl$	$CH –CH_2–CH_2– CH_2 – Cl$
স্ফুটনাঙ্ক °C	– 24.2	12.5	47	78.5

স্ফুটনাঙ্কের মানের বৃদ্ধির এ কারণ আণবিক ভর বৃদ্ধির সাথে সাথে ভ্যান্ডার ওয়ালস আকর্ষণ বলের মাত্রা বৃদ্ধি পায়। ফলে স্ফুটনাঙ্কের মানের বৃদ্ধি ঘটে।

অ্যালকাইল হ্যালাইড সম কার্বন বিশিষ্ট অ্যালকেন অপেক্ষা অধিক সক্রিয়। অ্যালকাইল হ্যালাইড অণুতে হ্যালোজেন পরমাণুটি কার্বন পরমাণুর তুলনায় অধিক তড়িৎ ঋণাত্মক। ফলে R – X বা C – X বন্ধনে পোলারায়নের সৃষ্টি হয় এবং $C^{\delta+} – X^{\delta-}$ হয়। হ্যালোজেন অপেক্ষা অধিক তড়িৎ ঋণাত্মক বিকারক ধনাত্মক আধানযুক্ত কার্বন পরমাণুর সাথে যুক্ত হয় এবং হ্যালাইড আয়ন (X^-) প্রতিস্থাপিত হয়।

বেশ কিছু অজৈব ফ্লোরাইড যেমন Hg_2F_2, AsF_3, SbF_3, AgF এর সাথে অ্যালকাইল ক্লোরাইড (R – Cl) এর বিক্রিয়ায় অ্যালকাইল ফ্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$2\ R - Cl + Hg_2F_2 \longrightarrow 2\ R - F + Hg_2Cl_2$$

যেমন : $2\ CH_3 - CH_2 - Cl + Hg_2F_2 \longrightarrow 2\ CH_3 - CH_2 - F + Hg_2Cl_2$

$$CH_3 - Cl + AgF \longrightarrow CH_3 - F + AgCl$$

এ বিক্রিয়াটিকে আবিষ্কারকের নাম অনুসারে সোয়ার্টস বিক্রিয়া (Swarts Reaction) বলা হয়।

৫. **হ্যালোজেন বিনিময় বিক্রিয়া দ্বারা (By Halogen exchange reaction) :** অনেক ক্ষেত্রে দেখা যায় সরাসরি অ্যালকাইল হ্যালাইড প্রস্তুত করা যায় না। যেমন– অ্যালকেনের সাথে সরাসরি ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় ক্লোরো অ্যালকেন উৎপন্ন করা যায় না। কারণ অ্যালকেনের হাইড্রোজেনের প্রতি ফ্লোরিনের তীব্র আসক্তির কারণে HF ও C উৎপন্ন হয়। যেমন–

$$CH_4 + 2\ F_2 \longrightarrow 4\ HF + C$$

একইভাবে অ্যালকেনের সাথে সরাসরি আয়োডিনেশন বিক্রিয়ায় অ্যালকাইল আয়োডাইড প্রস্তুত করা যায় না। কারণ আয়োডিন উদ্বায়ী এবং অণুতে ভ্যানডার ওয়ালস্ আকর্ষণ বল খুবই প্রকট। এসব ক্ষেত্রে হ্যালোজেন বিনিময় পদ্ধতি খুবই কার্যকরী ভূমিকা পালন করে।

অ্যালকাইল ক্লোরাইড (R – Cl) বা অ্যালকাইল ব্রোমাইড (R – Br) কে প্রোপানোন বা মিথানলে দ্রবীভূত সোডিয়াম আয়োডাইডের সাথে উত্তপ্ত করলে ক্লোরাইড বা ব্রোমাইড পরমাণু আয়োডাইড পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়ে অ্যালকাইল আয়োডাইড উৎপন্ন করে।

$$R - CH_2 - Cl + NaI \xrightarrow[\text{দ্রাবক}]{\text{প্রোপানোন}} R - CH_2 - I + NaCl$$

$$R - CH_2 - Br + NaI \xrightarrow[\text{দ্রাবক}]{\text{প্রোপানোন}} R - CH_2 - I + NaBr$$

উদাহরণস্বরূপ : $CH_3 - CH_2 - Cl + NaI \xrightarrow[\text{দ্রাবক}]{\text{প্রোপানোন}} CH_3 - CH_2 - I + NaCl$

$$CH_3 - CH_2 - Br + NaI \xrightarrow[\text{দ্রাবক}]{\text{প্রোপানোন}} CH_3 - CH_2 - I + NaBr$$

NaI প্রোপানোনে দ্রবীভূত হলেও উৎপন্ন NaCl বা, NaBr প্রোপানোনে দ্রবীভূত হয় না। উৎপন্ন NaCl বা NaBr অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং এদেরকে ফিল্টার কাগজ দ্বারা পরিস্রাবন করে পৃথক করা হয়। এ বিক্রিয়াটিকে ফিনকেলস্টাইন বিক্রিয়া (Finkel Stein Reaction) বলা হয়।

চিন্তা করে উত্তর দাও – ২.২৭ :

১. অ্যালকাইল ব্রোমাইড প্রস্তুত করতে অ্যালকোহল ও HBr(aq) এর বিক্রিয়ার সময় H_2SO_4 এর প্রয়োজন হলেও অ্যালকাইল আয়োডাইড প্রস্তুত করতে অ্যালকোহল ও HI(aq) এর বিক্রিয়ার সময় H_2SO_4 এর প্রয়োজন হয় না কেন?

২. অ্যালকোহলের সাথে NaCl, NaBr ও NaI এর বিক্রিয়ায় অ্যালকাইল হ্যালাইড প্রস্তুত করা যায় না কিন্তু অ্যালকোহলের সাথে HCl, HBr ও HI এর বিক্রিয়ায় অ্যালকাইল হ্যালাইড উৎপন্ন করা যায়– কেন?

মনে রাখবে : S_N1 বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে একটি নির্দিষ্ট হ্যালাইডের বিভিন্ন অ্যালকাইল গ্রুপগুলোর বিক্রিয়ার ক্রম $3° > 2° > 1°$। উদাহরণস্বরূপ : $(CH_3)_3CX > (CH_3)_2CHX > CH_3 - CH_2 - X$

3° হ্যালাইড সবচেয়ে বেশি সক্রিয় হয় কারণ মধ্যবর্তী কার্বোক্যাটায়ন 3° এর ক্ষেত্রে সবচেয়ে অধিক সুস্থিত হয়।

বিপরীতভাবে একটি নির্দিষ্ট হ্যালোজেন পরমাণুর ক্ষেত্রে বিভিন্ন অ্যালকাইল গ্রুপগুলোর S_N2 বিক্রিয়ার সক্রিয়তার ক্রম $1° > 2° > 3°$। উদাহরণস্বরূপ : $CH_3 - CH_2 - X > (CH_3)_2CHX > (CH_3)_3CX$।

সাধারণভাবে 3°-হ্যালাইড S_N1 বিক্রিয়া এবং 1° হ্যালাইড S_N2 বিক্রিয়ার কৌশল অনুসরণ করে। 2°-হ্যালাইড S_N1 অথবা S_N2 যেকোনো বিক্রিয়ার কৌশল অনুসরণ করতে পারে। এটি নির্ভর করে অ্যালকাইল হ্যালাইড এবং নিউক্লিওফাইলের প্রকৃতির উপর।

অ্যালকাইল হ্যালাইডের শনাক্তকরণ : নিচের দুটি পরীক্ষার সাহায্যে অ্যালকাইল হ্যালাইডকে শনাক্তকরণ করা হয়ে থাকে।

পরীক্ষা নং- ১ :

পরীক্ষণ : একটি পরীক্ষানলে জৈব নমুনা নিয়ে এর মধ্যে 2 – 4 ফোঁটা কস্টিক সোডা দ্রবণ বা কস্টিক পটাস দ্রবণ যোগ করে উত্তপ্ত কর। অতঃপর 2–3 ফোঁটা $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ কর।

পর্যবেক্ষণ : AgX এর বৈশিষ্ট্যপূর্ণ বর্ণের অধঃক্ষেপের সৃষ্টি হয়। এ অধঃক্ষেপের মধ্যে গাঢ় NH_4OH দ্রবণ যোগ করে অধঃক্ষেপ পর্যবেক্ষণ কর।

$$R - X + NaOH(aq) \xrightarrow{\text{তাপ}} R - OH + NaX$$

$$NaX + AgNO_3 \rightarrow \underset{\text{(বৈশিষ্ট্যপূর্ণ বর্ণের অধঃক্ষেপ)}}{AgX\downarrow} + NaNO_3$$

সিদ্ধান্ত : জৈব নমুনা অ্যালকাইল হ্যালাইড।

মনে রাখবে : হাইড্রোকার্বনের বিভিন্ন জাতকসমূহের যেমন অ্যালকোহল, অ্যালডিহাইড, কার্বোক্সিলিক এসিড প্রভৃতি যৌগসমূহের কিছু কিছু যৌগ পানিতে দ্রবণীয় হলেও আলকাইল হ্যালাইড পানিতে অদ্রবণীয়। যদিও অ্যালকাইল হ্যালাইডগুলো সামান্য পোলারায়িত থাকে এবং এদের দ্বিমেরু ভ্রামকের মান 2.05 – 2.15 D। কারণ অ্যালকাইল হ্যালাইড পানির অণুর সাথে হাইড্রোজেন বন্ধনের মাধ্যমে যুক্ত হতে পারে না এবং পানির অণুতে উপস্থিত হাইড্রোজেন বন্ধনকে ভাঙতেও পারে না।

পরীক্ষা নং-২ : কার্বিল অ্যামিন পরীক্ষা :

পরীক্ষণ : পরীক্ষানলে জৈব নমুনা নিয়ে তাতে সামান্য AgCN যোগ করে উত্তপ্ত কর।

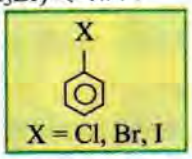
পর্যবেক্ষণ : অ্যালকাইল আইসো সায়ানাইড তথা দুর্গন্ধযুক্ত কার্বিল অ্যামিন উৎপন্ন হয়।

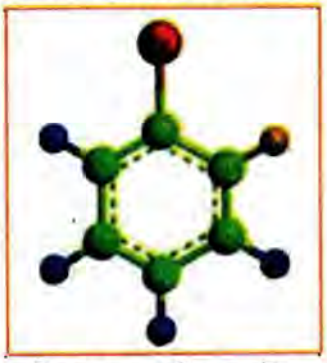
$$R - X + AgCN \xrightarrow{\text{তাপ}} R - NC + Ag\ X.$$

সিদ্ধান্ত : জৈব নমুনাটি অ্যালকাইল হ্যালাইড।

২.১২.৫ | অ্যারাইল হ্যালাইড (Aryl halide)

বেনজিন চক্রে হ্যালোজেনসমূহ প্রতিস্থাপক হিসেবে থাকলে তাদেরকে অ্যারাইল হ্যালাইড বলে। যেমন, ক্লোরোবেনজিন (C_6H_5Cl), ব্রোমোবেনজিন (C_6H_5Br) ইত্যাদি।





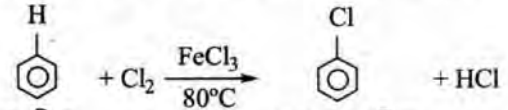
চিত্র ২.১৯ অ্যারাইল হ্যালাইড

অ্যারাইল হ্যালাইডের সাধারণ সংকেত Ar – X ; Ar দ্বারা ফিনাইল (C_6H_5) বা প্রতিস্থাপিত ফিনাইল (C_6H_4 – Y, Y প্রতিস্থাপক) বোঝানো হয়।

প্রস্তুত প্রণালি (Methods of preparation) :

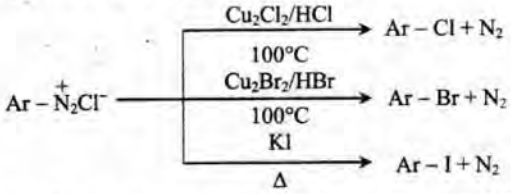
১. সরাসরি হ্যালোজিনেশন দ্বারা : লুইস এসিড প্রভাবকের ($AlCl_3$, $FeBr_3$ ইত্যাদি) উপস্থিতিতে 80°C তাপমাত্রায় Cl_2 অথবা Br_2 ব্যবহার করে অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বনের সরাসরি হ্যালোজিনেশনের মাধ্যমে অ্যারাইল ক্লোরাইড ও অ্যারাইল ব্রোমাইড পাওয়া যায়। এক্ষেত্রে আক্রমণকারী ইলেকট্রনাকর্ষী বিকারক (Electrophile) হচ্ছে Cl^+ অথবা Br^+ যা অ্যারোমেটিক চক্রে প্রতিস্থাপন ঘটায়।

$$Cl_2 + AlCl_3 \rightarrow Cl^+ + AlCl_4^-$$
$$Ar - H + Cl^+ \rightarrow Ar - Cl + H^+$$
$$Br_2 + FeBr_3 \rightarrow Br^+ + FeBr_4^-$$
$$Ar - H + Br^+ \rightarrow Ar - Br + H^+$$



এ পদ্ধতিতে প্রতিস্থাপক হিসাবে F_2 (অতিরিক্ত সক্রিয়) অথবা I_2 (অত্যন্ত মন্থর) ব্যবহার করা হয় না।

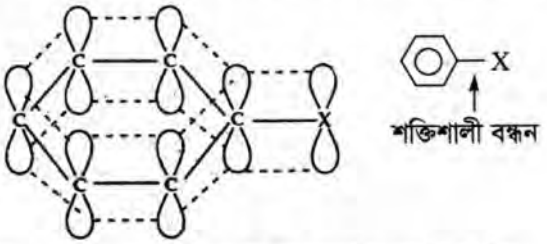
২. ডায়াজোনিয়াম লবণের বিয়োজন দ্বারা : ডায়াজোনিয়াম লবণকে Cu_2Cl_2 অথবা Cu_2Br_2 ও সংশ্লিষ্ট হ্যালো এসিডের উপস্থিতিতে 100°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে অ্যারাইল ক্লোরাইড ও ব্রোমাইড পাওয়া যায়। যেমন, বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইডকে



Cu_2Cl_2/HCl অথবা Cu_2Br_2/HBr সহ উত্তপ্ত করলে ক্লোরোবেনজিন অথবা ব্রোমোবেনজিন উৎপন্ন হয়। এ বিক্রিয়াকে **স্যান্ডমেয়ার** বিক্রিয়া বলে।

অপরপক্ষে, বেনজিনের আয়োডো জাতক প্রস্তুত করতে হলে ডায়াজোনিয়াম লবণকে KI এর জলীয় দ্রবণের সাথে উত্তপ্ত করতে হয়।

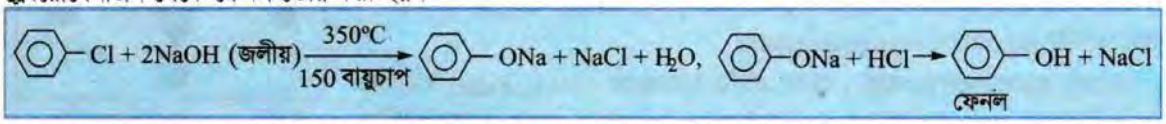
অ্যারাইল হ্যালাইডের গঠন ও ধর্ম : অ্যারাইল হ্যালাইডের বেনজিন চক্রে C পরমাণুসমূহ sp^2 সংকরিত অবস্থায় থাকে। ফলে চক্রের প্রতিটি C পরমাণুর অসংকরিত p-অরবিটালের পার্শ্বিক অধিক্রমণ দ্বারা একটি ডিলোকালাইজড π ইলেকট্রন বলয় সৃষ্টি হয়। হ্যালোজেন পরমাণু বেনজিন চক্রের কার্বন পরমাণুর সাথে যুক্ত হওয়ায় হ্যালোজেন পরমাণুর নিঃসঙ্গ যুগল ইলেকট্রনধারী p অরবিটাল বেনজিন চক্রের ডিলোকালাইজড π অরবিটালের সাথে মিলে সম্প্রসারিত π আণবিক অরবিটাল তৈরি করে। এ ইলেকট্রন বলয় বেনজিন চক্রের ছয়টি কার্বনসহ হ্যালোজেন পরমাণুকে ঘিরে রাখে। এতে কার্বনের ছয়টি ইলেকট্রন ও হ্যালোজেনের দুটি ইলেকট্রন সাতটি পরমাণুকে ঘিরে একটি সঞ্চরণশীল π ইলেকট্রন মেঘমালার সৃষ্টি করে। এ π ইলেকট্রন বলয়ে বাধা পড়ায় অ্যারাইল হ্যালাইডের C – X বন্ধনটি বেশ দৃঢ় হয়। এছাড়া রেজোন্যান্সের কারণে বেনজিন চক্র বৈশিষ্ট্যমূলকভাবে ইলেকট্রন



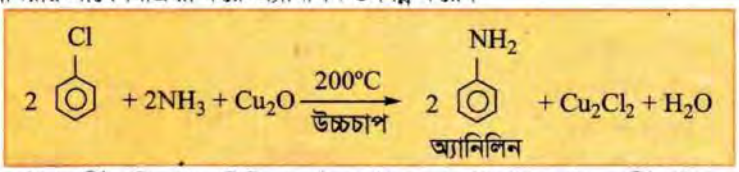
চিত্র ২.২০ : অ্যারাইল হ্যালাইডের অনুরণিত অরবিটাল চিত্র

আকর্ষী হয়। আবার হ্যালোজেন পরমাণু ও তড়িৎ ঋণাত্মক বলে নিজের দিকে ইলেকট্রনকে টানে। এতে বেনজিন চক্র এবং সংযুক্ত হ্যালোজেন পরমাণুর পরস্পর বিপরীতমুখী সমটানের ফলে C – X বন্ধনে ইলেকট্রন ঘনত্ব সুষম থাকে। অর্থাৎ অ্যালকাইল হ্যালাইডের মতো একদিকে স্থানান্তরিত হয়ে C – X বন্ধনে কোনো পোলারিটির সৃষ্টি করে না। ফলে, অ্যারাইল হ্যালাইডের C – X বন্ধন বেশ দৃঢ়। আর এ কারণেই অ্যারাইল হ্যালাইড অ্যালকাইল হ্যালাইডের ন্যায় সহজে কেন্দ্রাকর্ষী প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া দেয় না অর্থাৎ X কে বেনজিন চক্র থেকে OH, –OR, –CN ইত্যাদি দ্বারা প্রতিস্থাপন করা কঠিন।

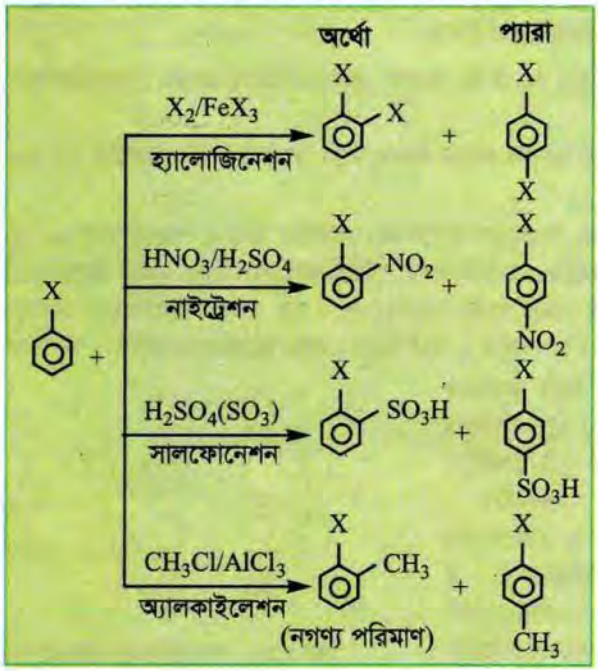
রাসায়নিক বিক্রিয়া : হ্যালোজেন পরমাণুকে –OH মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপন : ক্লোরোবেনজিনকে অর্দ্র সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইডের সাথে 150 বায়ুচাপ ও 350°C তাপমাত্রায় রিফ্লাক্স করলে প্রথমে সোডিয়াম ফেনোক্সাইড তৈরি হয়। সোডিয়াম ফেনোক্সাইডকে লঘু HCl দ্বারা উত্তপ্ত করলে ফেনল পাওয়া যায়। বাণিজ্যিকভাবে এ পদ্ধতিতে (ডাও পদ্ধতি) ক্লোরোবেনজিন থেকে ফেনল তৈরি করা হয়।



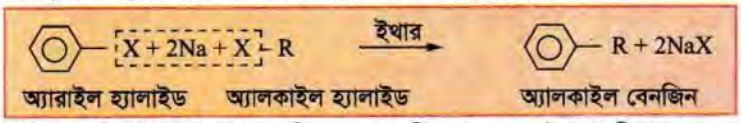
হ্যালোজেন পরমাণুকে – NH_2 মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপন : কিউপ্রাস অক্সাইডের উপস্থিতিতে উচ্চ তাপমাত্রায় ও উচ্চচাপে ক্লোরোবেনজিন অ্যামোনিয়ার সাথে বিক্রিয়া করে অ্যানিলিন উৎপন্ন করে।



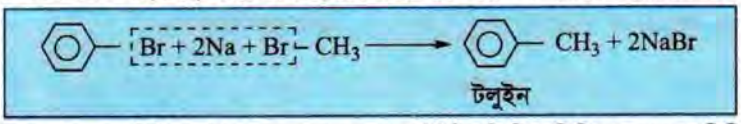
১. বেনজিন চক্রে ইলেকট্রনাকর্ষী প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া : অ্যারাইল হ্যালাইড ইলেকট্রনাকর্ষী প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া দেয় এবং হ্যালোজেন পরমাণু অর্থো ও প্যারা নির্দেশক হওয়ার কারণে অর্থো ও প্যারা-সমাণুর মিশ্রণ পাওয়া যায়। উল্লেখ্য যে, হ্যালোজেন পরমাণুসমূহের অধিক তড়িৎ ঋণাত্মকতার কারণে তার আকর্ষণে চক্র থেকে কিছুটা ইলেকট্রনের নির্গমন ঘটে। ফলে ইলেকট্রনাকর্ষী প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় চক্রের সক্রিয়তা হ্রাস পায়। তবে অ্যারাইল হ্যালাইড হ্যালোজিনেশন, নাইট্রেশন, সালফোনেশন ও ফ্রিডেল-ক্রাফট অ্যালকাইলেশন বিক্রিয়া প্রদর্শন করে। যেমন,



২. উর্টজ-ফিটিগ বিক্রিয়া (Wurtz-Fittig reaction) : শুষ্ক ইথারীয় দ্রবণে ধাতব সোডিয়ামসহ অ্যারাইল হ্যালাইড ও অ্যালকাইল হ্যালাইডের মিশ্রণকে রিফ্লাক্স করলে অ্যালকাইল বেনজিন উৎপন্ন হয়।



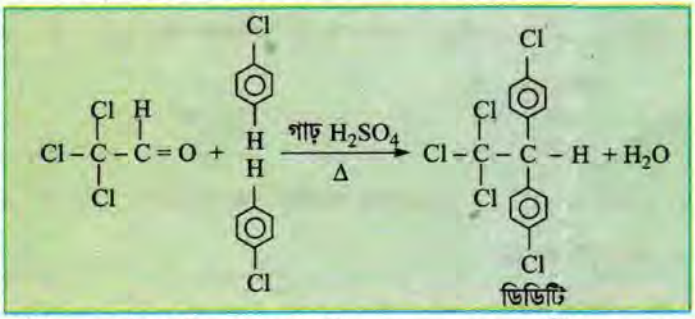
উদাহরণস্বরূপ ব্রোমোবেনজিন ও মিথাইল ব্রোমাইডের মিশ্রণকে সোডিয়ামসহ শুষ্ক ইথারে রিফ্লাক্স করলে টলুইন উৎপন্ন হয়।



অ্যালকাইল বেনজিন উৎপাদনের এ বিক্রিয়া উদ্ভাবকের নামানুসারে উর্টজ-ফিটিগ বিক্রিয়া নামে পরিচিত।

ডিডিটি (DDT) : 4, 4-ডাইক্লোরোডাইফিনাইল ট্রাইক্লোরোইথেনকে সংক্ষেপে ডিডিটি বলে। এটি একটি শক্তিশালী কীটনাশক হিসেবে সারা বিশ্বে জনপ্রিয়তা লাভ করেছিল।

প্রস্তুতি : গাঢ় H_2SO_4 এর উপস্থিতিতে ক্লোরোবেনজিন ও ক্লোরালকে উত্তপ্ত করলে পানি অপসারণ হয়ে ডিডিটি উৎপন্ন হয়।



ব্যবহার : ডিডিটি একটি শক্তিশালী জীবাণুনাশক ও কীটনাশক ঔষধ হিসেবে খুব বেশি ব্যবহৃত হতো। পার্শ্বক্রিয়ার কারণে এর ব্যবহার এখন সীমিত।

অ্যালকেনের ট্রাইহ্যালোজেন যৌগ : কোনো অ্যালকেনের তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণু তিনটি হ্যালোজেন পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়ে যে যৌগ উৎপন্ন হয় তাকে অ্যালকেনের ট্রাইহ্যালোজেন যৌগ বলা হয়। এ ধরনের যৌগগুলোর মধ্যে গুরুত্বপূর্ণ যৌগগুলো হলো ট্রাইক্লোরোমিথেন বা ক্লোরোফর্ম ($CHCl_3$), ট্রাইব্রোমোমিথেন বা ব্রোমোফর্ম ($CHBr_3$) ও ট্রাইআয়োডোমিথেন বা আয়োডোফর্ম (CHI_3)। এ যৌগ তিনটিকে একত্রে হ্যালোফর্ম বলা হয়।

হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া : যেসব জৈব যৌগের গঠন কাঠামোতে কিটোমিথাইল মূলক ($CH_3 - CO -$) এর উপস্থিতি থাকে অথবা বিক্রিয়াকালীন সময়ে মধ্যবর্তী উৎপাদ হিসেবে উৎপন্ন হয়ে তারা ক্ষার এবং হ্যালোজেন (ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিন) মিশ্রণের সাথে বিক্রিয়া করে হ্যালোফর্ম যেমন ক্লোরোফর্ম, ব্রোমোফর্ম ও আয়োডোফর্ম এবং ফ্যাটি এসিডের লবণ উৎপন্ন করে, তাকে হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া বলা হয়। যেমন,

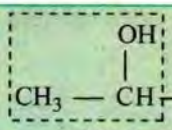
$$R - CO - CH_3 + 4NaOH + 3X_2 \rightarrow CHX_3 + R - COONa + 3NaX + 3H_2O$$

যেসব অ্যালডিহাইড বা কিটোনো কিটোমিথাইল ($CH_3 - CO -$) মূলকের উপস্থিতি থাকে তারা হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া প্রদর্শন করবে। যেসব অ্যালকোহল α-হাইড্রক্সি ইথাইল, $CH_3 - CH(OH) -$ মূলক H বা C পরমাণুর সাথে যুক্ত থাকে ওরা সহজেই জারিত হয়ে $CH_3 - CO -$ মূলক সম্বলিত যৌগ গঠন করে বলে ওদের পক্ষে হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া প্রদর্শন করা সম্ভব।

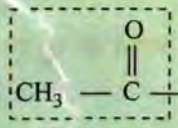
ইথানল ($CH_3 - CH(OH) - H$), প্রোপ-2-নল ($CH_3 - CH(OH) - CH_3$), অণুতে H বা C পরমাণুর সাথে $CH_3 - CH(OH) -$ মূলক যুক্ত এবং ইথান্যাল ($CH_3 - CO - H$), প্রোপানোন ($CH_3 - CO - CH_3$) প্রভৃতি অণুতে H বা C পরমাণুর সাথে $CH_3 - CO -$ মূলক যুক্ত থাকায় এরা হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া প্রদর্শন করবে।

হ্যালোফর্ম বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী কয়েকটি যৌগের উদাহরণ :

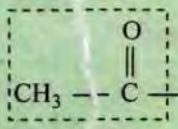
(i) $CH_3 - \underset{\text{ইথানল}}{\underset{\vert}{\overset{OH}{\overset{\vert}{C}}}H} - H$ এখানে H পরমাণুর সাথে $CH_3 - \underset{\vert}{\overset{OH}{\overset{\vert}{C}}}H -$ গ্রুপ যুক্ত।

(ii)  এখানে কার্বন পরমাণুর সাথে $CH_3 - \underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}} -$ গ্রুপ যুক্ত হয়েছে।

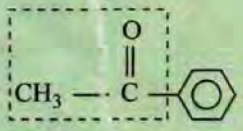
প্রোপ-2-নল

(iii)  এখানে H পরমাণুর সাথে $CH_3 - \underset{\displaystyle O}{\underset{\|}{C}} -$ গ্রুপ যুক্ত হয়েছে।

ইথ ন্যাল

(iv)  এখানে কার্বন পরমাণুর সাথে $CH_3 - \underset{\displaystyle O}{\underset{\|}{C}} -$ গ্রুপ যুক্ত হয়েছে।

প্রো পানোন

(v)  এখানে বেনজিন বলয়ের সাথে $CH_3 - \underset{\displaystyle O}{\underset{\|}{C}} -$ গ্রুপ যুক্ত হয়েছে।

অ্যাসিটো ফেনোন

মনে রাখবে : $CH_3 - COOH$, $CH_3 - COCl$, $CH_3 - CONH_2$, $CH_3 - CH_2 - CO - CH_3$, $CH_3 - CH_2 - CH_2 - OH$, $CH_3 - COO - CO - CH_3$, $CH_3 - CH_2 - CH(OH) - CH_2 - CH_3$, $CH_3 - CH_2 - CO - C_6H_5$ প্রভৃতি যৌগের পক্ষে হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া প্রদর্শন করা সম্ভব নয়। কারণ এ যৌগগুলোর অণুতে উপস্থিত কিটোমিথাইল গ্রুপ ($CH_3 - CO -$) হাইড্রোজেন অথবা কার্বন পরমাণুর সাথে সংযুক্ত নয়। অথবা অণুতে $CH_3 - CH(OH) -$ গ্রুপের উপস্থিতি নেই বিধায় এরা হ্যালোফর্ম বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করতে পারে না।

একটা মজার বিষয় হলো ইথাইল অ্যাসিটোঅ্যাসিটেট ($CH_3 - CO - CH_2 - COOCH_2 - CH_3$) অণুতে মিথাইল কিটো গ্রুপটি ($CH_3 - CO -$) কার্বন পরমাণুর সাথে যুক্ত থাকা সত্ত্বেও এটি হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া প্রদর্শন করে না। কারণ অণুতে $CH_3 - CO -$ গ্রুপের সাথে যুক্ত মিথিলিন ($- CH_2 -$) গ্রুপের হাইড্রোজেন পরমাণু দুটি অম্লধর্মী হয় বলে ক্ষারের উপস্থিতিতে আয়োডিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় এবং কিটো এস্টার যৌগ ($CH_3 - CO - CI_2 - COO - CH_2 - CH_3$) গঠন করে। মাধ্যমের ক্ষার দ্বারা উৎপন্ন কিটো এস্টার আর্দ্র বিশ্লেষিত হয় এবং $CH_3 - COO^-$ এবং $CH_3 - CH_2 - CO - O - CHI_2$ গঠন করে। উৎপন্ন যৌগ দুটিতে উপস্থিত $CH_3 - CO -$ গ্রুপ এবং $- CHI_2$ উভয় গ্রুপই অক্সিজেন পরমাণুর সাথে যুক্ত থাকে বলে এ গ্রুপ দুটির কোনটিই আয়োডোফর্ম বিক্রিয়া তথা হ্যালোফর্ম বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে না।

ক্লোরোফর্ম : পরীক্ষাগারে ইথানল অথবা প্রোপানোন, ব্লিচিং পাউডার ও পানি দ্বারা লেই প্রস্তুত করে তাকে পাতিত করলেই ক্লোরোফর্ম উৎপন্ন হয়।

$$Ca(OCl)Cl + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + Cl_2$$
$$CH_3 - CH_2OH - Cl_2 \rightarrow CH_3 - CHO + 2HCl$$
$$CH_3 - CHO + 3Cl_2 \rightarrow CCl_3 - CHO + 3HCl$$
$$2CCl_3 - CHO + Ca(OH)_2 \rightarrow \underset{\text{ক্লোরোফর্ম}}{2CHCl_3} + (H - COO)_2Ca$$

অ্যালকোহল যৌগের ক্ষেত্রে প্রথম ধাপে জারণ, দ্বিতীয় ধাপে হ্যালোজেন দ্বারা প্রতিস্থাপন এবং তৃতীয় ধাপে ক্ষার দ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঘটে হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া সম্পন্ন হয়। কিটোন বা অ্যালডিহাইডের ক্ষেত্রে শেষ দুটি ধাপের মাধ্যমে হ্যালোফর্ম প্রক্রিয়া সম্পন্ন হয়।

একইভাবে আয়োডিন দ্রবণকে ইথানল অথবা প্রোপানোন এর মধ্যে যোগ করে ধীরে ধীরে কস্টিক সোডার ($NaOH$) দ্রবণ যোগ করা হয়। মিশ্রণকে উত্তমরূপে ঝাঁকিয়ে পানিগাহের উপর বসিয়ে সামান্য উত্তপ্ত করলেই হলুদ বর্ণের মিষ্টি গন্ধবিশিষ্ট আয়োডোফর্মের কেলাস উৎপন্ন হয়।

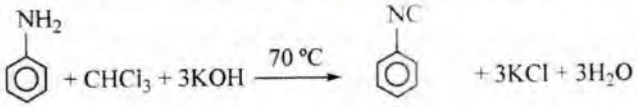
$CH_3 - CH_2OH + I_2 \rightarrow CH_3 - CHO + 2HI$ (জারণ ক্রিয়া)
$CH_3 - CHO + 3I_2 \rightarrow CI_3 - CHO + 3HI$ (প্রতিস্থাপন)
$CI_3 - CHO + NaOH \rightarrow CHI_3 + H - COONa$ (আর্দ্র বিশ্লেষণ)
$5HI + 5NaOH \rightarrow 5NaI + 5H_2O$

সমগ্র বিক্রিয়া : $CH_3 - CH_2OH + 4I_2 + 6NaOH \xrightarrow{\text{তাপ}} CHI_3 + H - COONa + 5NaI + 5H_2O$

মনে রাখবে : হ্যালোফর্ম বিক্রিয়ার সাহায্যে ফ্লোরোফর্ম উৎপন্ন করা যায় না। কারণ ফ্লোরিন (F) অতিশয় সক্রিয় মৌল। ফ্লোরিন ক্ষার দ্রবণের সাথে বিক্রিয়া করে OF_2 যৌগ গঠন করে। এজন্য F এর পক্ষে আর CHF_3 যৌগ গঠন করা সম্ভব হয় না।

ক্লোরোফর্মের শনাক্তকরণ : কার্বিল অ্যামিন পরীক্ষার সাহায্যে ক্লোরোফর্মকে শনাক্তকরণ করা হয়।

কার্বিল অ্যামিন পরীক্ষা : অ্যালকোহলীয় কস্টিক পটাশ ও ফিনাইল অ্যামিন ($C_6H_5 - NH_2$) এর সাথে ক্লোরোফর্ম যোগ করে 70 °C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে কার্বিল অ্যামিন বা ফিনাইল আইসোসায়ানাইড উৎপন্ন হয়।

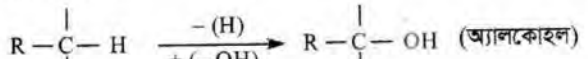


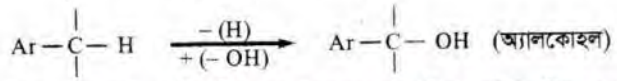
কার্বিল অ্যামিন

উৎপন্ন কার্বিল অ্যামিন খুবই বিশ্রী গন্ধযুক্ত বলে এর উপস্থিতি অতিসহজেই নির্ধারণ করা যায়।

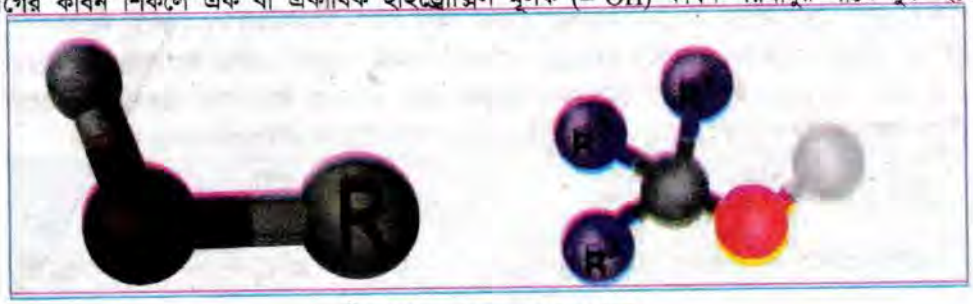
২.১২.৬ | অ্যালকোহল (Alcohols)

অ্যালিফেটিক হাইড্রোকার্বনের অণুস্থিত সম্পৃক্ত কার্বন পরমাণুর সাথে যুক্ত H পরমাণু বা অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন অণুর পার্শ্ব শিকলের H-পরমাণু হাইড্রোক্সিল মূলক (– OH) দ্বারা প্রতিস্থাপিত হলে যে যৌগ উৎপন্ন হয় তাকে অ্যালকোহল বলা হয়ে থাকে।





তবে যৌগের কার্বন শিকলে এক বা একাধিক হাইড্রোক্সিল মূলক (– OH) কার্বন পরমাণুর সাথে যুক্ত হতে পারে।



চিত্র ২.২১ : 1° ও 3° অ্যালকোহল

সাধারণ প্রস্তুতি (General methods of preparation) :

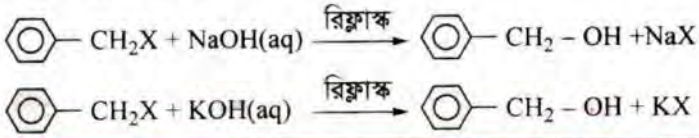
নিচের উল্লিখিত পদ্ধতিগুলো অনুসরণ করে সাধারণভাবে অ্যালকোহলকে প্রস্তুত করা হয়ে থাকে।

১. **অ্যালকাইল ও অ্যারাইল হ্যালাইডের আর্দ্র বিশ্লেষণ :** অ্যালকাইল হ্যালাইডের সাথে কস্টিক সোডা (NaOH) বা কস্টিক পটাস (KOH) এর জলীয় দ্রবণ মিশিয়ে উত্তপ্ত করলে অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়ে থাকে।

$R - X + NaOH(aq) \xrightarrow{\text{তাপ}} R - OH + NaX$; $CH_3 - CH_2 - Br + NaOH \xrightarrow{\text{তাপ}} CH_3 - CH_2 - OH + NaBr$

অ্যালকাইল হ্যালাইডের আর্দ্র বিশ্লেষণের ক্রম R – I > R – Br > R – Cl.

বেনজাইল হ্যালাইডকে কস্টিক সোডার অথবা কস্টিক পটাশ এর জলীয় দ্রবণ সহযোগে উত্তপ্ত করলে বেনজাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়।



$$C_6H_5CH_2X + NaOH(aq) \xrightarrow{\text{রিফ্লাক্স}} C_6H_5CH_2OH + NaX$$

$$C_6H_5CH_2X + KOH(aq) \xrightarrow{\text{রিফ্লাক্স}} C_6H_5CH_2OH + KX$$

মনে রাখবে : দ্রাবকের প্রকৃতির উপর বিক্রিয়ার প্রকৃতি নির্ভর করে আয়নিক প্রকৃতির দ্রাবকের ক্ষেত্রে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া অগ্রগণ্য হয়। যেমন : ইথাইল ব্রোমাইডকে কস্টিক সোডা (NaOH) অথবা কস্টিক পটাস (KOH) এর জলীয় দ্রবণসহ উত্তপ্ত করলে ইথানল উৎপন্ন হয়।

$$CH_3 - CH_2 - Br + NaOH(aq) \xrightarrow{\text{তাপ}} CH_3 - CH_2 - OH + NaBr$$

$$CH_3 - CH_2 - Br + KOH(aq) \xrightarrow{\text{তাপ}} CH_3 - CH_2 - OH + KBr$$

এক্ষেত্রে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া প্রাধান্য পেয়েছে।

অপরপক্ষে কম আয়নিক বা প্রশম প্রকৃতির দ্রাবকের ক্ষেত্রে অপসারণ বিক্রিয়ার প্রাধান্য ঘটে। যেমন, ইথাইল ব্রোমাইডকে অ্যালকোহলীয় কস্টিক সোডা (NaOH) অথবা অ্যালকোহলীয় কস্টিক পটাস (KOH) সহ উত্তপ্ত করলে ইথিন গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$CH_3 - CH_2 - Br + KOH(alc) \xrightarrow[\text{তাপ}]{\text{অ্যালকোহল}} CH_2 = CH_2 + KBr + H_2O$$

একইভাবে, $CH_3 - CH_2 - Cl + KOH(alc) \xrightarrow[\text{তাপ}]{\text{অ্যালকোহল}} CH_2 = CH_2 + KCl + H_2O$

এক্ষেত্রে অ্যালকোহলীয় মাধ্যম থাকার কারণে অপসারণ বিক্রিয়া প্রাধান্য পায়।

২. **এস্টারের আর্দ্র বিশ্লেষণে :** এস্টারকে কস্টিক সোডা বা কস্টিক পটাসের দ্রবণ সহযোগে উত্তপ্ত করলে অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়।

$$R - COOR' + KOH \xrightarrow{\text{তাপ}} R - COOK + R' - OH \text{ (অ্যালকোহল)}$$

যেমন, $CH_3 - COO - CH_2 - CH_3 + KOH \xrightarrow{\text{তাপ}} CH_3 - COOK + CH_3 - CH_2 - OH$ (ইথানল)

প্রকৃতিজাত বিভিন্ন এস্টার থেকে অ্যালকোহল উৎপাদনের এ পদ্ধতি খুবই একটি কার্যকর সাধারণ পদ্ধতি।

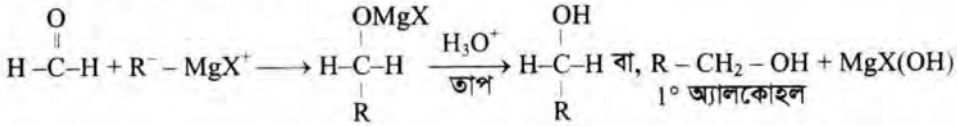
৩. **বিজারক $LiAlH_4$ এর সাহায্যে :** বিভিন্ন সমগোত্রীয় শ্রেণির যৌগ যেমন- অ্যালডিহাইড (–CHO), কিটোন (>C = O), কার্বক্সিলিক এসিড (–COOH), এস্টার (–COOR), এসিড হ্যালাইড (–COX) এসিড অ্যানহাইড্রাইড $(RCO)_2O$ প্রভৃতি যৌগ শ্রেণিকে $LiAlH_4$ এর ইথার দ্রবণে যোগ করে বিজারিত করা হয়। ফলে অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে বিক্রিয়ক যৌগটিকে ইথারে দ্রবীভূত করে $LiAlH_4$ এর ইথার দ্রবণে যোগ করে বিজারণ প্রক্রিয়াকে সম্পন্ন করা হয়।

$$R - CHO + 2[H] \xrightarrow{LiAlH_4} R - CH_2OH; \qquad R_2CO + 2[H] \xrightarrow{LiAlH_4} R_2CHOH$$

$$R - COOH + 4[H] \xrightarrow{LiAlH_4} R - CH_2OH + H_2O; \qquad R - COOR + 2[H] \xrightarrow{LiAlH_4} R - CH_2OH$$

$$R - COX + 4[H] \xrightarrow{LiAlH_4} R - CH_2OH + HX; \qquad (R - CO)_2O + 6[H] \xrightarrow{LiAlH_4} 2R - CH_2OH$$

৪. **গ্রিগনার্ড বিকারকের সাহায্যে :** গ্রিগনার্ড বিকারকের ইথার দ্রবণের সাথে মিথান্যাল (H – CHO) এর বিক্রিয়ায় মধ্যবর্তী জটিল যৌগ উৎপন্ন হয়। এ জটিল যৌগকে এসিডীয় মাধ্যমে আর্দ্র বিশ্লেষণ করলে প্রাইমারি অ্যালকোহল বা 1° অ্যালকোহল পাওয়া যায়।



$$H-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-H + R^- - MgX^+ \longrightarrow H-\underset{\underset{R}{|}}{\overset{\overset{OMgX}{|}}{C}}-H \xrightarrow[\text{তাপ}]{H_3O^+} H-\underset{\underset{R}{|}}{\overset{\overset{OH}{|}}{C}}-H \text{ বা, } \underset{\text{1° অ্যালকোহল}}{R - CH_2 - OH} + MgX(OH)$$

এক্ষেত্রে মিথান্যাল এর পরিবর্তে অন্যকোনো উচ্চতর অ্যালডিহাইড ব্যবহার করলে সেকেন্ডারি অ্যালকোহল বা 2° অ্যালকোহল পাওয়া যায়।

$$R-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-H + R^- - MgX^+ \longrightarrow R-\underset{R}{\overset{OMgX}{C}}-H \xrightarrow[\text{তাপ}]{H_3O^+} \underset{R}{\overset{OH}{R-C-H}} + MgX(OH)$$

2° অ্যালকোহল

অ্যালডিহাইডের পরিবর্তে কিটোন ব্যবহার করলে টারসিয়ারি অ্যালকোহল বা 3° অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়।

$$R-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-R + R^- - MgX^+ \longrightarrow R-\underset{R}{\overset{OMgX}{C}}-R \xrightarrow[\text{তাপ}]{H_3O^+} \underset{R}{\overset{OH}{R-C-R}} + MgX(OH)$$

3° অ্যালকোহল

মনে রাখবে : গ্রিগনার্ড বিকারক (Grignard Reagent) : শুষ্ক ম্যাগনেসিয়াম (Mg) ধাতুর চূর্ণের সাথে শুষ্ক, অনার্দ্র ও বিশুদ্ধ ইথারে দ্রবীভূত অ্যালকাইল হ্যালাইড অথবা অ্যারাইল হ্যালাইডের বিক্রিয়ায় জৈব ধাতব যৌগ অ্যালকাইল ম্যাগনেসিয়াম হ্যালাইড অথবা অ্যারাইল ম্যাগনেসিয়াম হ্যালাইড উৎপন্ন হয়।

$$R-X + Mg \xrightarrow{\text{শুষ্ক, অনার্দ্র বিশুদ্ধ ইথার}} R-Mg-X \ (X = Cl, Br, I)$$

বিক্রিয়ার কৌশল :

$$R \overset{\curvearrowright}{-} X \rightarrow R^+ + X^-$$

$Mg(12) = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2$

$Mg(12) \longrightarrow Mg^{2+} + 2e$

$R^+ + 2e \longrightarrow R$

$Mg^{2+} + X^- \longrightarrow Mg^+X$

$R^- + Mg^+X \longrightarrow R-MgX$ বা, $R-\overset{\delta-}{Mg}-\overset{\delta+}{X}$

$$CH_3-I + Mg \xrightarrow[\text{বিশুদ্ধ ইথার}]{\text{শুষ্ক, অনার্দ্র}} CH_3-Mg-I$$

$$C_6H_5-Cl + Mg \xrightarrow[\text{অনার্দ্র ইথার}]{\text{শুষ্ক, বিশুদ্ধ}} C_6H_5-Mg-Cl$$

(ফিনাইল ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড)



ভিক্টর গ্রিগনার্ড

1905 সালে ফরাসি বিজ্ঞানী ভিক্টর গ্রিগনার্ড (Victor Grignard) সর্বপ্রথম এ ধরনের জৈব ধাতব যৌগ প্রস্তুত করেন এবং বিভিন্ন জৈব যৌগ সংশ্লেষণে এর বহুমুখী ব্যাপক ব্যবহার দেখান। গ্রিগনার্ড বিকারকের গুরুত্বের কারণে নোবেল কমিটি 1912 সালে তাঁকে নোবেল

$R-MgX$ অথবা $Ar-MgX$ জৈব ধাতব যৌগকে আবিষ্কারকের নাম অনুসারে গ্রিগনার্ড বিকারক বলা হয়।

ইথার অতি বিশুদ্ধ ও অ্যালকোহল মুক্ত না হলে উৎপন্ন গ্রিগনার্ড বিকারক অ্যালকোহলের সাথে বিক্রিয়া করে অ্যালকেন গঠন করে।

$R-MgX + H_2O \longrightarrow RH + Mg(OH)X$

$R-MgX + R-OH \longrightarrow RH + Mg(OR)X$

এ জন্য ইথার অবশ্যই শুষ্ক, অনার্দ্র ও বিশুদ্ধ হতে হয়।

৫. **অ্যালকিনে পানি সংযোজন পদ্ধতি :** অ্যালকিনকে 98% গাঢ় H_2SO_4 এর মধ্যে 75° – 80° C তাপমাত্রায় উচ্চ চাপে চালনা করলে অ্যালকিন হাইড্রোজেন সালফেট উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন যৌগটিকে 140°C তাপমাত্রায় আর্দ্র বিশ্লেষণ করলে অ্যালকিনের সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়। যেমন,

i) $$CH_2=CH_2 + H_2SO_{4\text{গাঢ়}} \xrightarrow[\text{চাপ}]{80°C} CH_3-CH_2-OSO_3H$$

$$CH_3-CH_2-OSO_3H + H_2O \xrightarrow{140°C} CH_3-CH_2OH\ (\text{ইথানল}) + H_2SO_4$$

ii) $R - CH = CH_2 + H_2SO_{4(গাঢ়)} \xrightarrow{80^\circ C} R-\underset{\underset{OSO_3H}{|}}{CH}- CH_3$

$R-\underset{\underset{OSO_3H}{|}}{CH}- CH_3 + H_2O \xrightarrow{140^\circ C} R - CH(OH) - CH_3 + H_2SO_4$
(2° অ্যালকোহল)

চিন্তা করে উত্তর দাও – ২.২৮ :
প্রোপিন এর পানি সংযোজন পদ্ধতিতে প্রাপ্ত অ্যালকোহল 2°-অ্যালকোহল হলেও 2-মিথাইল প্রোপিন এর পানি সংযোজন পদ্ধতি উৎপন্ন অ্যালকোহলটি 3°-অ্যালকোহল হয় কেন?

শিল্প উৎপাদন :

এনজাইম : জীবদেহ কোষে কতগুলো নাইট্রোজেনঘটিত জৈব যৌগ থাকে। জীবন্ত কোষ থেকে এগুলো নিঃসৃত হলেও প্রকৃতপক্ষে এদের কোনো প্রাণশক্তি নেই। এ ধরনের নাইট্রোজেনঘটিত জটিল প্রকৃতির জৈব যৌগগুলোকে এনজাইম বলে। বিভিন্ন ধরনের এনজাইম আছে। তবে একেক ধরনের এনজাইম একেক ধরনের বিক্রিয়া সম্পন্ন করে। প্রত্যেকটি এনজাইমের বিক্রিয়া নির্দিষ্ট। কিছু এনজাইম জারণ ক্রিয়া সম্পন্ন করে, এদেরকে অক্সিডেস (oxidase), কিছু এনজাইম বিজারণ ঘটায়, তাদেরকে রিডাকটেস্ (reductase) বলে। আবার কিছু এনজাইম **আর্দ্রবিশ্লেষণ** ঘটায় এদেরকে হাইড্রোলেস (hydrolase) বলে। ডায়াস্টেজ, জাইমেজ, ইনভারটেজ, মলটেজ ইত্যাদি এনজাইমের উদাহরণ। এনজাইমের নিজস্ব কোনো পরিবর্তন ঘটে না। এ কারণে এনজাইমকে জৈব প্রভাবক বলা হয়।


চিত্র ২.২২ : এনজাইম

ইস্ট : ইস্ট বলতে এক প্রকার খুব ছোট ছত্রাক (fungus) জাতীয় নিম্নস্তরের এককোষী উদ্ভিদকে বোঝায়। পচা প্রাণিজ বা উদ্ভিজ্জ পদার্থ থেকে ইস্ট খাদ্য সংগ্রহ করে বেঁচে থাকে। এরা কখনোই অন্যান্য শ্রেণির উদ্ভিদের মতো বাইরের বায়ু, পানি ও মাটি থেকে খাদ্য সংগ্রহ করতে পারে না। ইস্টের কোষে জাইমেস (zymase), ইনভারটেজ (invertase), মলটেজ (maltase) ইত্যাদি বিভিন্ন ধরনের এনজাইম থাকে।

20 – 30°C তাপমাত্রায় গ্লুকোজের লঘু জলীয় দ্রবণে ইস্ট যোগ করলে, কিছুক্ষণের মধ্যে দ্রবণ ফেনাযুক্ত হয়ে ওঠে। আপাতদৃষ্টিতে মনে হয় যেন দ্রবণ ফুটছে, কিন্তু বাস্তবে দ্রবণের তাপমাত্রার কোনো পরিবর্তন ঘটে না। ইস্টর দেহকোষ থেকে ঐ পরিবেশে জাইমেজ এনজাইম নিঃসৃত হয় যা গ্লুকোজকে বিয়োজিত করে ইথানল ও কার্বন ডাইঅক্সাইডে পরিণত করে।

$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow[\text{জাইমেজ এনজাইম}]{\text{ইস্ট, } 20-30^\circ C} 2CH_3 - CH_2OH + 2CO_2$

দ্রবণ থেকে উৎপন্ন CO_2 গ্যাস বুদবুদ আকারে দ্রুত বেড়িয়ে আসে বলে মনে হয় দ্রবণটি যেন ফুটছে।

গাজন বা চোলাইকরণ (Fermentation) : কোনো নিম্নশ্রেণির এককোষী প্রাণী বা উদ্ভিদ কোষ থেকে নিঃসৃত এনজাইমের উপস্থিতিতে জটিল গঠন সম্পন্ন বৃহৎ জৈব যৌগের অণুগুলো সহজতর সরল গঠন সম্পন্ন ক্ষুদ্রতর জৈব অণুতে পরিণত করার রাসায়নিক পদ্ধতিকে গাজন বা চোলাইকরণ বলে।

$\underset{\text{চিনি}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \xrightarrow[\text{আর্দ্র বিশ্লেষণ}]{\text{ইনভারটেজ}} \underset{\text{গ্লুকোজ}}{C_6H_{22}O_6} + \underset{\text{ফ্রুক্টোজ}}{C_6H_{12}O_6}$

$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{জাইমেজ}} 2CH_3 - CH_2OH + 2CO_2$

গাজন ক্রিয়া খুবই ধীরগতিসম্পন্ন দীর্ঘস্থায়ী বিক্রিয়া। সাধারণত নিম্ন তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট pH মানে বায়ুর উপস্থিতিতে সম্পন্ন হয়। এ প্রক্রিয়ায় জীবন্ত কোষগুলোকে নির্দিষ্ট সময় পর্যন্ত কার্যকরী করে রাখার জন্য খাদ্য হিসেবে খনিজ লবণ যেমন অ্যামোনিয়াম ফসফেট, $[(NH_4)_3PO_4]$; অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট, (NH_4NO_3); অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড, (NH_4Cl) ইত্যাদি যোগ করা হয়।

ইক্ষু শর্করা বা চিটাগুড় বা মোলাসেস (molasses) থেকে ইথানল উৎপাদন : আখের রস থেকে চিনি কেলাসিত করে পৃথক করার পর যে গাঢ় বাদামী বর্ণের ভারী চটচটে অবশেষ পড়ে থাকে তাকে মোলাসেস বলে। মোলাসেসের মধ্যে প্রায় 40% অকেলাসিত শর্করা থাকে। এ শর্করার প্রায় 70% সুক্রোজ এবং 30% গ্লুকোজ ও ফ্রুক্টোজ বর্তমান।

মোলাসেসের মধ্যে প্রয়োজনীয় পানি যোগ করে 10% শর্করার দ্রবণে পরিণত করা হয়। দ্রবণকে 25 – 30° সে. তাপমাত্রায় রেখে সামান্য H_2SO_4 যোগ করে দ্রবণের pH মান 4 – 5 এর মধ্যে নিয়ন্ত্রিত করে সামান্য পরিমাণ $(NH_4)_2SO_4$ ও $(NH_4)_3PO_4$ যোগ করা হয়। এ দ্রবণের মধ্যে ইস্ট যোগ করা হয় এবং 2 – 3 দিন রেখে দেওয়া হয়। ইস্টের দেহকোষ থেকে নিঃসৃত ইনভারটেজ নামক এনজাইম শর্করা আর্দ্র বিশ্লেষণ ঘটিয়ে গ্লুকোজ ও ফ্রুক্টোজ উৎপন্ন করে। পরবর্তী ধাপে জাইমেজ নামক আর এক প্রকার এনজাইম গ্লুকোজ ও ফ্রুক্টোজের গাজন ঘটিয়ে ইথানল উৎপন্ন করে।

বিক্রিয়া : $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \xrightarrow[\text{আর্দ্র বিশ্লেষণ}]{\text{ইনভারটেজ}} \underset{\text{গ্লুকোজ}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{ফ্রুক্টোজ}}{C_6H_{12}O_6}$

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{জাইমেজ}} 2CH_3 - CH_2OH + 2CO_2$$

এভাবে প্রায় 8 – 10% ইথানল এর দ্রবণ পাওয়া যায়। একে ওয়াশ (Wash) বলে। এ থেকে রেকটিফাইড স্পিরিট উৎপন্ন করা হয়। রেকটিফাইড স্পিরিটের মধ্যে 95.6% $CH_3 - CH_2OH$ ও 4.4% H_2O মিশ্রিত থাকে।

এ প্রক্রিয়ায় প্রায় 90% চিনি গাজন ক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। প্রতি 100 kg চিটাগুড় বা মোলাসেস থেকে প্রায় 40 লিটার রেকটিফাইড স্পিরিট উৎপন্ন করা যায়।

রেকটিফাইড স্পিরিট থেকে বিশুদ্ধ অ্যালকোহল উৎপাদন : রেকটিফাইড স্পিরিটের মধ্যে বেনজিন মিশিয়ে মিশ্রণকে পাতন করা হয়। নিচের তিনটি ধাপ অনুসরণ করা হয়।


চিত্র ২.২৩ : রেকটিফাইড স্পিরিট

১। 74% বেনজিন, 18.5% ইথানল ও 7.5% পানি একটি নির্দিষ্ট স্ফুটনাঙ্কের মিশ্রণ যার স্ফুটনাঙ্ক 64.9°C। এর প্রথম পাতিত অংশের সাথে সমস্ত পানি অপসারিত হয়।

২। 67.6% বেনজিন এবং 32.4% ইথানল 68.2°C তাপমাত্রায় দ্বিতীয় নির্দিষ্ট স্ফুটনাঙ্কের মিশ্রণের সাথে সমস্ত বেনজিন অপসারিত হয়।

৩। শেষ পাতিত অংশে 78.3°C তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ ইথানল পাওয়া যায়। এভাবে প্রাপ্ত অ্যালকোহল 99.5% বিশুদ্ধ হয়।

নির্জল অ্যালকোহল (Absolute Alcohol) : 99.9% বিশুদ্ধ অ্যালকোহলকে নির্জল অ্যালকোহল বলা হয়। রেকটিফাইড স্পিরিট থেকে বিশুদ্ধ অ্যালকোহল উৎপাদনের সময় 78.3 °C তাপমাত্রায় পাতিত অ্যালকোহল প্রায় 99.5% বিশুদ্ধ হয়। এ অ্যালকোহলের মধ্যে কলিচুন (CaO) যোগ করে ভালোমতো ঝাঁকানো হয় এবং পরবর্তিতে পুনরায় 78.3 °C তাপমাত্রায় পানিগাহে পাতন করলে নির্জল অ্যালকোহল পাওয়া যায়। বিভিন্ন শতকরা মাত্রার অ্যালকোহল উৎপাদনে, গবেষণাগারে, দ্রাবক হিসেবে ব্যবহার করা হয়। চিকিৎসা ক্ষেত্রেও এর ব্যবহার রয়েছে।

মেথিলেটেড স্পিরিট (Methylated spirit) : রেকটিফাইড স্পিরিটকে পানের অনুপযোগী করার জন্য এর মধ্যে মিথানল মিশিয়ে দেওয়া হয়। মিথানল মিশ্রিত এ ধরনের রেকটিফাইড স্পিরিটকে মেথিলেটেড স্পিরিট বলা হয়। একে ডিনেচারড

অ্যালকোহল (denatured alcohol) ও বলা হয়ে থাকে। মিথানল ভিন্ন পেট্রোলিয়াম উপজাত ন্যাপথা, রাবারের পাতনে প্রাপ্ত কাওকোসিন (caloutchoucine), পিরিডিন (C_5H_5N) প্রভৃতি বিষাক্ত উপাদানকে মিশিয়েও মেথিলেটেড স্পিরিট তৈরি করা হয়। মেথিলেটেড স্পিরিট দুভাবে তৈরি করা হয়।

(i) **বাণিজ্যিক মেথিলেটেড স্পিরিট :** শতকরা 95 ভাগ রেকটিফাইড স্পিরিটের সাথে 5 ভাগ মিথানল মিশিয়ে এ ধরনের স্পিরিট তৈরি করা হয়।

(ii) **মিনারাল ন্যাপথা স্পিরিট :** শতকরা 90 ভাগ রেকটিফাইড স্পিরিটের সাথে 9 ভাগ মিথানল ও 1 ভাগ পেট্রোল মিশিয়ে এ ধরনের মেথিলেটেড স্পিরিট তৈরি করা হয়।



চিত্র ২.২৪ : মেথিলেটেড স্পিরিট

সব ধরনের মেথিলেটেড স্পিরিটকে বিভিন্ন শিল্পে, বার্নিশের কাজে এবং দ্রাবক হিসেবে ব্যবহার করা হয়।

পাওয়ার অ্যালকোহল (Power alcohol) : অ্যালকোহলের সাথে পেট্রোল, বেনজিন, ইথার, টেট্রাসিন ইত্যাদি মিশিয়ে পেট্রোল বা অকটেনের পরিবর্তে মোটর গাড়ির জ্বালানি হিসেবে ব্যবহার করা হয়। শক্তি উৎপাদে ব্যবহৃত হয় বলে এ ধরনের অ্যালকোহল মিশ্রণের নাম পাওয়ার অ্যালকোহল। জ্বালানি খরচ কমানোর জন্য এ ধরনের ব্যবস্থা করা হয়। ফলে মূল্যবান পেট্রোলের সাশ্রয় হয়।

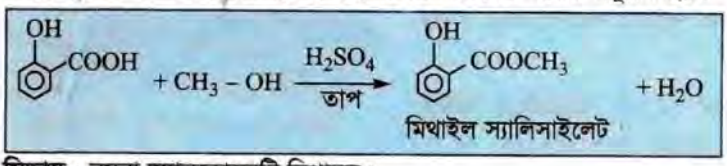
প্রুফ স্পিরিট (Proof spirit) : আয়তন হিসেবে শতকরা 57.1 ভাগ ইথানল ও 42.9 ভাগ পানির মিশ্রণকে প্রুফ স্পিরিট বলে। অ্যালকোহলের শক্তির মাত্রা নির্ধারণে প্রুফ স্পিরিটকে মাপকাঠি হিসেবে ধরা হয়। প্রুফ স্পিরিটের শক্তিমাত্রাকে 0° ধরে নমুনা অ্যালকোহলের শক্তি পরিমাপ করা হয়। কোনো নমুনা অ্যালকোহলের প্রতি 100 mL এর সাথে যত mL পানি মেশালে ঐ অ্যালকোহল প্রুফ স্পিরিটের সমতুল্য হয় সে মানই হলো নমুনা অ্যালকোহলের উর্ধ্ব শক্তিমাত্রা।

উদাহরণস্বরূপ : কোনো নমুনা অ্যালকোহলের 100 mL এর সাথে 15 mL পানি মেশালে ঐ অ্যালকোহল যদি প্রুফ স্পিরিটের সমতুল্য হয় তবে তার শক্তিমাত্রা + 15°। অন্যভাবে, কোনো নমুনা অ্যালকোহলের 100 mL যদি 85 mL প্রুফ স্পিরিটের সমতুল্য হয়। তবে ঐ নমুনা অ্যালকোহলের শক্তিমাত্রা – 15°। মাদক দ্রব্য অধিদপ্তর এভাবে অ্যালকোহলের শক্তি পরিমাপ করে।

$CH_3 - OH$ এর শনাক্তকরণ পরীক্ষা :

পরীক্ষা : পরীক্ষানলে নমুনা অ্যালকোহল নিয়ে সম পরিমাণ স্যালিসাইলিক এসিড যোগ করে মিশ্রণের মধ্যে 2 – 8 ফোটা গাঢ় H_2SO_4 যোগ করে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করা হয়।

পর্যবেক্ষণ : মিষ্টি গন্ধ নির্গত হয় যা উইমার গ্রিন তেলের গন্ধের অনুরূপ হয়।



সিদ্ধান্ত : নমুনা অ্যালকোহলটি মিথানল।

অ্যালকোহলের শনাক্তকরণ : নিচের পরীক্ষার সাহায্যে জৈব যৌগের অ্যালকোহলিক হাইড্রক্সিল (–OH) মূলকের শনাক্তকরণ করা হয়ে থাকে।

পরীক্ষা নং- ১ : Na ধাতু পরীক্ষা :

পরীক্ষণ : একটি পরীক্ষানলে তরল জৈব নমুনা নিয়ে এর মধ্যে এক টুকরা ধাতব Na যোগ করে নলের মুখ বৃদ্ধাঙ্গুল দ্বারা চেপে রাখ। ম্যাচ কাঠিতে অগ্নি সংযোগ করে পরীক্ষানলের মুখ থেকে বৃদ্ধাঙ্গুল সরিয়ে জ্বলন্ত ম্যাচ কাঠি ধর।

পর্যবেক্ষণ : জ্বলন্ত ম্যাচ কাঠি দপকরে নিভে যায় কিন্তু নলের মুখে নীল শিখার গ্যাস জ্বলতে থাকে।

$2R - CH_2 - OH + 2Na \longrightarrow 2R - CH_2 - O - Na + H_2$.

সিদ্ধান্ত : জৈব নমুনা অ্যালকোহল।

পরীক্ষণ নং- ২ : কঠিন PCl_5 পরীক্ষা :

পরীক্ষণ : পরীক্ষানলে তরল জৈব নমুনাকে নিয়ে কঠিন PCl_5 যোগ করে উত্তপ্ত কর। পরীক্ষানলের মুখে NH_4OH সিক্ত কাচদণ্ড ধর।

পর্যবেক্ষণ : NH_4Cl এর সাদা ধোঁয়ার সৃষ্টি হয়।

$$R-OH + PCl_5 \xrightarrow{\text{তাপ}} R-Cl + POCl_3 + HCl(g);\quad NH_4OH(l) + HCl(g) \longrightarrow \underset{\text{সাদা ধোঁয়া}}{NH_4Cl} + H_2O(g)$$

সিদ্ধান্ত : জৈব নমুনা অ্যালকোহল।

পরীক্ষা নং- ৩ : আয়োডোফর্ম পরীক্ষা :

পরীক্ষণ : পরীক্ষানলে অ্যালকোহল নমুনা নিয়ে তাতে অতিরিক্ত আয়োডিন ও 2 – 4 ফোঁটা কস্টিক সোডার দ্রবণসহ প্রথমে ঝাকিয়ে নাও হয় ও পরে উত্তপ্ত কর।

পর্যবেক্ষণ : হলুদ বর্ণের মিষ্টি গন্ধযুক্ত আয়োডোফর্ম উৎপন্ন হয়।

$$CH_3-CH_2OH + I_2 \xrightarrow{\text{জারণ}} CH_3-CHO + HI$$

$$CH_3-CHO + 3I_2 \xrightarrow{\text{প্রতিস্থাপন}} CI_3-CHO + 3HI$$

$$CI_3-CHO + NaOH \xrightarrow{\text{আর্দ্র বিশ্লেষণ}} \underset{\text{হলুদ বর্ণের আয়োডোফর্ম}}{CHI_3\downarrow} + H-COONa$$

সিদ্ধান্ত : জৈব নমুনাটি অ্যালকোহল।

ইথাইল অ্যালকোহল গঠনে CH_3CO- মূলক বর্তমান থাকে বলে এ যৌগ আয়োডোফর্ম বা এক কথায় হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া প্রদর্শন করে। মিথাইল অ্যালকোহল (CH_3OH) এ বিক্রিয়া প্রদর্শন করে না। এজন্য এ বিক্রিয়াটি মিথানল ও ইথানলের মধ্যে পার্থক্য নির্ধারণের কাজে ব্যবহার করা হয়।

মনে রাখবে : যেসব অ্যালডিহাইড বা কিটোনে CH_3CO- গ্রুপ থাকে অথবা জারণের ফলে CH_3-CO গ্রুপ উৎপন্ন হয় এরা সকলেই আয়োডোফর্ম বিক্রিয়ায় সাড়া দেয়। যেমন ইথানল (CH_3-CH_2-OH), ইথান্যাল (CH_3-CHO), প্রোপানোন ($CH_3-CO-CH_3$), পেন্ট-2-ওন ($CH_3-CO-CH_2-CH_2-CH_3$) ইত্যাদি যৌগগুলো আয়োডোফর্ম পরীক্ষা প্রদর্শন করে। CH_3OH এ পরীক্ষা প্রদর্শন করে না।

যেসব অ্যালকোহল যৌগে একটি মাত্র –OH মূলক উপস্থিত থাকে তাকে মনোহাইড্রিক অ্যালকোহল বলা হয়। এদের সাধারণ সংকেত $C_nH_{2n+1}OH$ (n = পূর্ণ সংখ্যা) বা $R-OH$। হাইড্রক্সিল মূলক (–OH) এর অবস্থানের উপর ভিত্তি করে মনোহাইড্রিক অ্যালকোহলকে প্রাইমারি (1°), সেকেন্ডারি (2°) এবং টারসিয়ারি (3°) এ তিনটি শ্রেণিতে ভাগ করা হয়।

অ্যালকোহলের –OH গ্রুপটি যে কার্বন পরমাণুর সাথে যুক্ত থাকে তার সাথে দুটি হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত থাকলে অর্থাৎ অ্যালকোহলের আণবিক গঠনে $-CH_2OH$ গ্রুপ বর্তমান থাকলে তাকে প্রাইমারী বা 1° অ্যালকোহল বলা হয়। যেমন– $H-CH_2OH$, CH_3-CH_2OH, $CH_3-CH_2-CH_2OH$ ইত্যাদি। যে অ্যালকোহলের গঠনে $-OH$ মূলকের সাথে যুক্ত কার্বন পরমাণুর সাথে একটি H- পরমাণু থাকে তাকে সেকেন্ডারি অ্যালকোহল বা 2°- অ্যালকোহল বলা হয়। যেমন– $CH_3-CH(OH)-CH_3$, $CH_3-CH_2-CH(OH)-CH_3$ ইত্যাদি। তবে সেকেন্ডারি অ্যালকোহলের $=CHOH$ মূলকটি কার্বন শিকলের মাঝে অবস্থান করে। যে অ্যালকোহলের গঠনে –OH মূলকের সাথে যুক্ত কার্বন পরমাণুর সাথে কোনো হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত থাকে না কিন্তু অ্যালকাইল মূলক (R) যুক্ত থাকে তাকে টারসিয়ারি বা 3° অ্যালকোহল বলা হয়। যেমন–

$$\underset{\text{1°-অ্যালকোহল}}{CH_3-CH_2-OH},\quad \underset{\text{2°-অ্যালকোহল}}{CH_3-\overset{\overset{OH}{|}}{CH}-CH_3},\quad \underset{\text{3°-অ্যালকোহল}}{CH_3-\overset{\overset{CH_3}{|}}{\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}}-OH}$$

ল্যাবরেটরিতে পরীক্ষার মাধ্যমে প্রাইমারি (1°), সেকেন্ডারি (2°) ও টারসিয়ারি (3°) অ্যালকোহলকে শনাক্ত করা যায়।

(1) লুকাস টেস্ট (Lucas Test) :

অনার্দ্র $ZnCl_2$ কে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক এসিডে দ্রবীভূত করে যে দ্রবণ পাওয়া যায় সেটি লুকাস বিকারক।

তিনটি পরীক্ষানলে তিনটি নমুনা অ্যালকোহল নিয়ে প্রতিটিতে 3 – 4 ফোঁটা লুকাস বিকারক যোগ করে পরীক্ষার ফলাফল পর্যবেক্ষণ করা হয়।

(i) প্রায় সাথে সাথে টারসিয়ারি অ্যালকাইল ক্লোরাইডের সাদা বর্ণের অধঃক্ষেপ সৃষ্টি হয়। অ্যালকোহল নমুনাটি 3°- অ্যালকোহল।

$$R_3COH \xrightarrow[HCl]{ZnCl_2} R_3CCl \downarrow \text{ (সাথে সাথে সাদা অধঃক্ষেপ পরিলক্ষিত হয়)}$$

(ii) প্রায় পাঁচ মিনিট পরে সেকেন্ডারি অ্যালকাইল ক্লোরাইডের সাদা বর্ণের অধঃক্ষেপের সৃষ্টি হয়। অ্যালকোহল নমুনাটি 2° অ্যালকোহল।

$$R_2CH(OH) \xrightarrow[HCl]{ZnCl_2} R_2CHCl \text{ (অধঃক্ষেপ সৃষ্টি হতে প্রায় পাঁচ মিনিট সময়ের প্রয়োজন হয়)}$$

(iii) অ্যালকোহল লুকাস বিকারকে দ্রবীভূত হয়ে যায়। কয়েক ঘণ্টা অপেক্ষা করার পর অথবা উত্তপ্ত করার পর বিক্রিয়া ঘটে এবং অ্যালকাইল ক্লোরাইডের সাদা অধঃক্ষেপের সৃষ্টি হয়। অ্যালকোহল নমুনাটি 1° অ্যালকোহল।

$$R - CH_2OH \xrightarrow[HCl,\ \text{তাপ}]{ZnCl_2} R - CH_2 - Cl \text{ (উত্তপ্ত করার পর অধঃক্ষেপের সৃষ্টি হয়)}$$

(2) জারণ পদ্ধতি (Oxidation method) :

এসিড ডাইক্রোমেট, এসিড পারম্যাঙ্গানেট, লঘু নাইট্রিক এসিড এসব জারক দ্রব্যের যেকোনো একটির সাথে বিক্রিয়ায় প্রাইমারি, সেকেন্ডারি ও টারশিয়ারি অ্যালকোহল জারিত হয়ে ভিন্ন ভিন্ন পদার্থে পরিণত হয়। এসব জারিত পদার্থকে শনাক্ত করে অ্যালকোহলের প্রাইমারি, সেকেন্ডারি বা টারশিয়ারি কোন প্রকৃতির তা নির্ধারণ করা যায়।

(i) প্রাইমারি অ্যালকোহল $\xrightarrow{[O]}$ অ্যালডিহাইড $\xrightarrow{[O]}$ কার্বক্সিলিক এসিড

$$R - CH_2OH \xrightarrow{[O]} R - CHO \xrightarrow{[O]} R - COOH.$$

$$CH_3 - CH_2OH \xrightarrow{[O]} CH_3 - CHO \xrightarrow{[O]} CH_3 - COOH.$$

অ্যালকোহলের জারিত পদার্থ অ্যালডিহাইড এবং কার্বক্সিলিক এসিড। এ উভয় যৌগেই প্রাইমারি অ্যালকোহলের ন্যায় সমান সংখ্যক কার্বন পরমাণু বর্তমান থাকে।

(ii) সেকেন্ডারি অ্যালকোহল $\xrightarrow{(O)}$ কিটোন $\xrightarrow{(O)}$ কার্বক্সিলিক এসিড।

$$R - \underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}} - CH_2 - R' \xrightarrow{[O]} R - \overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}} - CH_2 - R' \xrightarrow{[O]} R - COOH + R' - COOH$$

$$CH_3 - \underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}} - CH_2 - CH_3 \xrightarrow{[O]} CH_3 - \overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}} - CH_2 - CH_3 \xrightarrow{[O]} CH_3 - COOH + CH_3 - COOH$$

বিউট-2-নল বিউট-2-নোন ইথানোয়িক এসিড

জারিত পদার্থ কিটোনো মূল অ্যালকোহলের ন্যায় সমসংখ্যক কার্বন পরমাণু উপস্থিত থাকে, কিন্তু জারণের শেষ ধাপে উৎপন্ন এসিড মিশ্রণের প্রতিটি এসিডে মূল অ্যালকোহল অপেক্ষা কম সংখ্যক কার্বন পরমাণু বর্তমান থাকে।

(iii) টারশিয়ারি অ্যালকোহল $\xrightarrow{[O]}$ কিটোন $\xrightarrow{[O]}$ কার্বক্সিলিক এসিড

$$R_2C(OH) - CH_2 - R' \xrightarrow{[O]} R_2CO + R' - COOH.$$

$$(CH_3)_2C(OH) - CH_2 - CH_3 \xrightarrow{[O]} CH_3 - CO - CH_3 + CH_3 - COOH$$

2-মিথাইলবিউট-2-নল প্রোপানোন ইথানোয়িক এসিড

টারশিয়ারি অ্যালকোহলকে জারিত করা বেশ কঠিন। টারশিয়ারি অ্যালকোহলকে তীব্র জারক দ্বারা জারিত করলে কিটোন ও এসিড মিশ্রণ পাওয়া যায়। তবে উৎপন্ন সব যৌগের প্রতিটিতে মূল অ্যালকোহল অপেক্ষা কম সংখ্যক কার্বন পরমাণু বর্তমান থাকে।

(3) প্রভাবক কপার চূর্ণ দ্বারা জারণ পদ্ধতি :

প্রাইমারি, সেকেন্ডারি ও টারশিয়ারি অ্যালকোহল কপার চূর্ণের সাথে 300 °C তাপমাত্রায় সম্পূর্ণ ভিন্ন ভিন্ন যৌগ উৎপন্ন করে। উৎপন্ন যৌগ থেকে অ্যালকোহলের প্রকৃতি নির্ধারণ করা হয়।

$$\text{নমুনা অ্যালকোহল} \xrightarrow[300\ ^\circ C]{\text{প্রভাবক Cu}} \begin{cases} \text{(ক) অ্যালডিহাইড} + H_2 \longrightarrow \text{প্রাইমারি অ্যালকোহল} \\ \text{(খ) কিটোন} + H_2 \longrightarrow \text{সেকেন্ডারি অ্যালকোহল} \\ \text{(গ) অ্যালকিন} + H_2O \longrightarrow \text{টারশিয়ারি অ্যালকোহল} \end{cases}$$

(i) 300 °C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত কপার চূর্ণের উপর দিয়ে প্রাইমারি অ্যালকোহল বাষ্প চালনা করলে, অ্যালকোহল জারিত হয়ে অ্যালডিহাইডে পরিণত হয়।

$$R - CH_2OH \xrightarrow[300\ ^\circ C]{\text{প্রভাবক Cu}} R - CHO + H_2$$

$$\underset{\text{ইথানল}}{CH_3 - CH_2OH} \xrightarrow[300\ ^\circ C]{\text{প্রভাবক Cu}} \underset{\text{ইথান্যাল}}{CH_3 - CHO} + H_2$$

(ii) সেকেন্ডারি অ্যালকোহল একই বিক্রিয়ায় কিটোনে পরিণত হয়।

$$R - \underset{\displaystyle R'}{\underset{|}{CH(OH)}} - R' \xrightarrow[300\ ^\circ C]{\text{প্রভাবক Cu}} R - \overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}} - R' + H_2$$

$$\underset{\text{প্রোপ-2-নল}}{CH_3 - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH(OH)}} - CH_3} \xrightarrow[300\ ^\circ C]{\text{প্রভাবক Cu}} \underset{\text{প্রোপানোন}}{CH_3 - \overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}} - CH_3} + H_2$$

(iii) টারশিয়ারি অ্যালকোহল একই বিক্রিয়ায় নিরুদিত হয়ে অ্যালকিন উৎপন্ন করে।

$$R_2C(OH) - CH_2 - R \xrightarrow[300\ ^\circ C]{\text{প্রভাবক Cu}} R_2C = CH - R + H_2O$$

$$\underset{\text{2-মিথাইলবিউট-2-নল}}{(CH_3)_2C(OH) - CH_2 - CH_3} \xrightarrow[300\ ^\circ C]{\text{প্রভাবক Cu}} \underset{\text{2-মিথাইলবিউট-2-ইন}}{(CH_3)_2C = CH - CH_3} + H_2O$$

মনে রাখবে : টারশিয়ারি অ্যালকোহলে α-হাইড্রোজেনের উপস্থিতি নেই। সেজন্য একে ডিহাইড্রোজিনেট করে অ্যালডিহাইড বা কিটোন প্রস্তুত করা যায় না। 300 °C তাপমাত্রায় প্রভাবক কপার ধাতুর উপস্থিতিতে ডিহাইড্রেশনের মাধ্যমে অ্যালকিন উৎপন্ন হয়।

$$\underset{\text{2-মিথাইলপ্রোপ্যান-2-অল}}{CH_3 - \overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\overset{2}{C}}} - CH_3 \quad {}^{3}OH} \xrightarrow[300\ ^\circ C]{\text{Cu প্রভাবক}} \underset{\text{2-মিথাইলপ্রোপিন}}{CH_3 - \overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}} = CH_2} + H_2O$$

চিন্তা করে উত্তর দাও – ২.২৯ :

প্রোপ-2-নল আয়োডোফর্ম বিক্রিয়া প্রদর্শন করলেও প্রোপ-1-নল এ বিক্রিয়া প্রদর্শন করে না কেন?

মনে রাখবে : কোনো জৈব যৌগের অণুতে অ্যালকোহলীয় – OH গ্রুপের উপস্থিতি আছে কিনা তা শনাক্তকরণের ক্ষেত্রে সেরিক অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট $[(NH_4)_2Ce(NO_3)_6^{2-}]$ দ্রবণের সহায়তা নেওয়া হয়।

সেরিক অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটের দ্রবণ হলুদ বর্ণযুক্ত হয়। অ্যালকোহলের উপস্থিতিতে বা অ্যালকোহলীয় – OH গ্রুপের উপস্থিতিতে এটি লাল বর্ণ ধারণ করে থাকে।

$$\underset{\text{হলুদ বর্ণ}}{R - OH + [(NH_4)_2Ce(NO_3)_6^{2-}]} \rightarrow \underset{\text{লাল বর্ণ}}{[(NH_4)_2Ce(OR)(NO_3)_5^{2-}]} + HNO_3$$

মনে রাখবে : ইথানলের 40 – 90% জলীয় দ্রবণ অত্যন্ত কার্যকরী অ্যান্টিসেপটিক। এ দ্রবণ ব্যাক্টেরিয়ার প্রোটিনকে অতিসহজেই বিনষ্ট করে। তবে মিউকাস ঝিল্লি বা সংবেদনশীল ত্বকের ক্ষেত্রে এর ব্যবহার মোটেই উচিত নয়।

২.১২.৭ ইথার (Ethers)

একটি দ্বিযোজী অক্সিজেন পরমাণুর সাথে দুটি একই বা ভিন্ন অ্যালকাইল অথবা অ্যারাইল মূলক যুক্ত হয়ে যে যৌগ গঠন করে তাকে ইথার বলা হয়ে থাকে। অ্যালিফেটিক ইথারের সাধারণ সংকেত $C_nH_{2n+2}O$, এখানে, n = 2, 3, 4 ------ ইত্যাদি। এর কার্যকরী মূলক R – O – R বা, $-\overset{|}{\underset{|}{C}}-O-\overset{|}{\underset{|}{C}}-$.

সাধারণ প্রস্তুতি (General methods of preparation) : ইথার প্রস্তুতির কয়েকটি সাধারণ পদ্ধতি নিচে উল্লেখ করা হলো :

১. **মনোহাইড্রিক অ্যালকোহল থেকে :** মনোহাইড্রিক অ্যালকোহলকে নিরুদক গাঢ় H_2SO_4 এর উপস্থিতিতে 140 °C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে ইথার প্রস্তুত করা হয়ে থাকে।

$$2R-OH \xrightarrow[140\ ^\circ C]{H_2SO_4\ \text{গাঢ়}} R-O-R + H_2O$$

$$2CH_3-CH_2-OH \xrightarrow[140\ ^\circ C]{H_2SO_4\ \text{গাঢ়}} H_2O + CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_3\ \text{(ইথোক্সিইথেন বা 2-অক্সাপেন্টান)}$$

এক্ষেত্রে প্রতি দুই অণু অ্যালকোহল হতে এক অণু পানি অপসারণের মাধ্যমে এক অণু ইথার উৎপন্ন হয়।

এক্ষেত্রে বাষ্পীয় অ্যালকোহল হলে নিরুদক হিসেবে Al_2O_3 বা $AlPO_4$ কে ব্যবহার করা চলে।

২. **উইলিয়ামসনের সংশ্লেষণ পদ্ধতি :** অ্যালকাইল হ্যালাইড (R – X) ও সোডিয়াম বা পটাসিয়াম অ্যালকক্সাইডের মিশ্রণকে উত্তপ্ত করলে ইথার উৎপন্ন হয়।

$$R-X + R-O-Na \xrightarrow{\text{তাপ}} NaX + R-O-R; \qquad CH_3-I + CH_3-O-Na \xrightarrow{\text{তাপ}} NaI + CH_3-O-CH_3.$$

$$CH_3-CH_2-I + CH_3-CH_3-ONa \xrightarrow{\text{তাপ}} NaI + \overset{1}{C}H_3-\overset{2}{C}H_2-\overset{3}{O}-\overset{4}{C}H_2-\overset{5}{C}H_3\ \text{(2-অক্সাপেন্টান)}$$

$$CH_3-CH_2-I + CH_3-O-Na \xrightarrow{\text{তাপ}} NaI + \overset{4}{C}H_3-\overset{3}{C}H_2-\overset{2}{O}-\overset{1}{C}H_3\ \text{(মিথোক্সি ইথেন বা, 2-অক্সাবিউটান)}$$

৩. **অ্যালকোহল ও ডায়াজোমিথেন হতে :** প্রভাবক অ্যালুমিনিয়াম অ্যালকক্সাইড $Al(OR)_3$ অথবা ফ্লুরোবোরিক এসিড (HBF_4) এর উপস্থিতিতে অ্যালকোহল ও ডায়াজোমিথেন বিক্রিয়ায় ইথার উৎপন্ন হয়।

$$R-OH + CH_2N_2 \xrightarrow{Al(OR)_3} R-O-CH_3 + N_2$$

শনাক্তকরণ :

পরীক্ষণ : পরীক্ষানলে জৈব নমুনার মধ্যে শীতল ও গাঢ় H_2SO_4 যোগ করে নমুনাকে দ্রবীভূত কর।

পর্যবেক্ষণ : কেলাসাকার অক্সোনিয়াম লবণ উৎপন্ন হয়েছিল।

$$R_2\ddot{O} + H^+ - OSO_3H^- \xrightarrow{20^\circ C} \left[\begin{matrix} R \\ R \end{matrix}\!\!>\!O \rightarrow H\right]^+ OSO_3H^-$$

(ডাই অ্যালকাইল অক্সোনিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট)

সিদ্ধান্ত : জৈব নমুনাটি ইথার।

গাঢ় H_2SO_4 এর সাথে ইথার লুইস ক্ষারক হিসেবে আচরণ করে। ইথারে উপস্থিত অক্সিজেনের একজোড়া নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় এসিড থেকে প্রাপ্ত H^+ এর সাথে সন্নিবেশ বন্ধন গঠন করে। এভাবে প্রথমে পোলার অক্সোনিয়াম আয়ন ও পরে লবণ গঠিত হয়। অক্সোনিয়াম লবণ গাঢ় H_2SO_4 এসিডে দ্রবণীয়।

ইথার যৌগ সম্পর্কে আরো নিশ্চিত হওয়ার ক্ষেত্রে পরীক্ষাধীন তরল জৈব নমুনাকে পরীক্ষানলে নিয়ে দ্বিগুণ পরিমাণ পানি নিয়ে ভালোমত ঝাকিয়ে স্থির অবস্থায় রেখে দিলে উপরের স্তরে ইথার এবং নিচের স্তরে পানি অবস্থান করবে। উপরন্তু শুষ্ক ইথার ধাতব Na এর সাথে কোন বিক্রিয়া করে না। এমনকি ইথার আয়োডোফর্ম বিক্রিয়া প্রদর্শন করে না।

মনে রাখবে : ল্যাবরেটরিতে সাধারণভাবে ইথার বলতে ইথোক্সিইথেনকে বোঝায়। ইথার অণুতে তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল অক্সিজেনের সাথে কোনো হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত না থাকায় ইথারের হাইড্রোজেন বন্ধন গঠন করা সম্ভব হয় না। তাই ইথার পানিতে সম্পূর্ণভাবে অদ্রবণীয়।

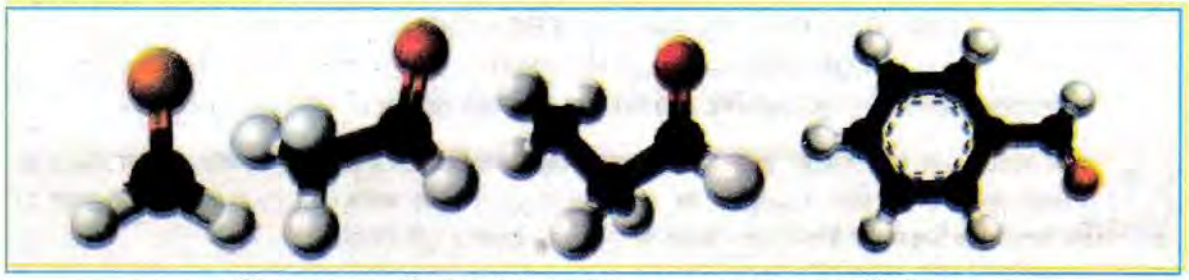
ইথার সাধারণত ক্ষার, খনিজ এসিড, কার্বক্সিলিক এসিড, ধাতব সোডিয়াম প্রভৃতির সাথে বিক্রিয়া করে না। এ নিষ্ক্রিয়তার কারণ ইথারে কোনো সক্রিয় কার্যকরী গ্রুপ নেই। তবে ইথারে দ্বিমেরু ভ্রামক আছে এবং ইথোক্সি ইথেনের ক্ষেত্রে এ মান 1.12 D।

চিন্তা করে উত্তর দাও – ২.৩০ :

$C_4H_{10}O$ আণবিক সংকেত বিশিষ্ট জৈব যৌগ। এটি পানি, ক্ষার, HX ও ধাতব Na এর কোনটির সাথেই বিক্রিয়া করে না। এমনকি আয়োডোফর্ম বিক্রিয়াও প্রদর্শন করে না। এটি আবার গাঢ় H_2SO_4 এর সাথে বিক্রিয়া করে পোলার যৌগ গঠন করে। যৌগটি চিহ্নিত কর এবং সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়া দেখাও।

২.১২.৮ অ্যালডিহাইড (Aldehydes)

দ্বিযোজী কার্বনাইল ($>C=O$) মূলকের এক যোজনীতে হাইড্রোজেন (H) বা, অ্যালকাইল মূলক (– R) অথবা অ্যারাইল মূলক (– Ar) এবং অপর যোজনীতে হাইড্রোজেন পরমাণু (– H) যুক্ত হয়ে যে যৌগ উৎপন্ন করে থাকে তাকে অ্যালডিহাইড শ্রেণির যৌগ বলা হয়ে থাকে। এর সাধারণ সংকেত $C_nH_{2n}O$, এখানে, n = 1, 2, 3, -------- ইত্যাদি। এ শ্রেণি যৌগের কার্যকরী মূলক – CHO; –CHO গ্রুপকে ফরমাইল গ্রুপও বলা হয়ে থাকে। অ্যালডিহাইড মূলক (–CHO) সর্বদাই কার্বন চেইনের প্রান্তে থাকে। কয়েকটি অ্যালডিহাইড যৌগ যেমন মিথান্যাল (H – CHO), ইথান্যাল (CH_3 – CHO), প্রোপান্যাল ($CH_3 – CH_2$ – CHO), বেনজালডিহাইড (C_6H_5 – CHO) ইত্যাদি।



চিত্র ২.২৫ : অ্যালডিহাইড (মিথান্যাল, ইথান্যাল, প্রোপান্যাল, বেনজালডিহাইড)

কার্বনিল গ্রুপের গঠন (Structure of Carbonyl Group) : অ্যালডিহাইড ও কিটোনের কার্যকরী মূলক হলো কার্বনিল মূলক। কার্বনিল মূলকের কার্বন পরমাণুটি sp^2 সংকরায়িত।

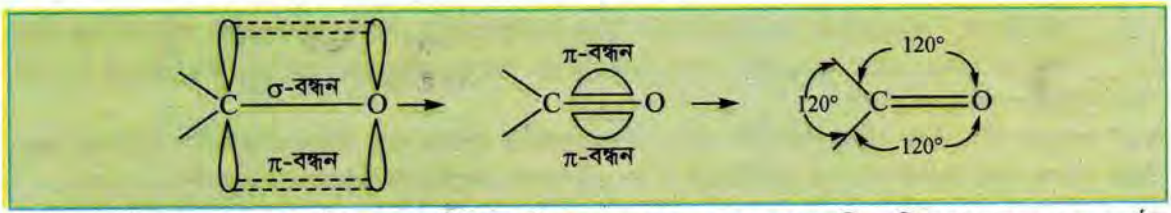
$C(6) = 1s^2\ 2s^2\ 2p^2$ [2s: ↿⇂] [2p: 1 1]

সক্রিয় অবস্থা, $C^* = 1s^1\ 2s^1\ 2p^3$ [2s: 1] [2p: 1 1 1]

sp^2-সংকরায়ন, p_z



এ অবস্থায় কার্বন পরমাণুতে তিনটি sp^2 সংকরিত অরবিটাল যার প্রতিটিতে একটি করে বিজোড় ইলেকট্রন এবং একটি অসংকরিত p_z অরবিটাল থেকে যায়। কার্বন পরমাণু ও sp^2 সংকর অরবিটালের সাহায্যে তিনটি σ বন্ধন গঠন করে। একটি অক্সিজেন পরমাণুর (CO গ্রুপের) সাথে এবং বাকি দুটি অপর দুটি পরমাণু বা গ্রুপ এর সাথে। এক্ষেত্রে পরমাণু হলো H এবং গ্রুপ হলো R। তিনটি σ বন্ধনই একই সমতলে অবস্থান করে এবং এদের বন্ধন কোণের মান 120° হয়।



কার্বনিল-কার্বন পরমাণুর অসংকরিত p_z অরবিটাল অক্সিজেন পরমাণুর সাথে পাশাপাশি অধিক্রমণ করে π-বন্ধন গঠন করে। ফলে কার্বনিল ($>C=O$) মূলকের মধ্যে একটি σ-বন্ধন ও একটি π বন্ধন বর্তমান থাকে।

এক্ষেত্রে ইলেকট্রোফিলিক কেন্দ্র কার্বনিল-কার্বন পরমাণু এবং নিউক্লিওফিলিক কেন্দ্র কার্বনিল-অক্সিজেন পরমাণু।

সাধারণ প্রস্তুতি (General methods of preparation) : অ্যালডিহাইড শ্রেণির জৈব যৌগের কয়েকটি সাধারণ প্রস্তুতি নিচে উল্লেখ করা হলো :

১. অ্যালকোহলের জারণ :

(ক) প্রাইমারি অ্যালকোহল বা 1° অ্যালকোহলকে গাঢ় H_2SO_4 মিশ্রিত $K_2Cr_2O_7$ অথবা $Na_2Cr_2O_7$ দ্বারা উত্তপ্ত করে অ্যালডিহাইড প্রস্তুত করা হয়ে থাকে।

বিক্রিয়া : $Na_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 \longrightarrow Na_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 4H_2O + 3[O]$

$3R - CH_2OH + 3[O] \longrightarrow 3R - CHO + 3H_2O.$

উদাহরণ : $CH_3 - OH + [O] \longrightarrow H - CHO + H_2O.$

$CH_3 - CH_2 - OH + [O] \longrightarrow CH_3 - CHO + H_2O$

$Ar - CH_2OH + [O] \longrightarrow Ar - CHO + H_2O$

এ সাধারণ পদ্ধতিটি নিম্ন স্ফুটনাঙ্কবিশিষ্ট অ্যালডিহাইড এর ক্ষেত্রে প্রযোজ্য।

মনে রাখবে : 1° অ্যালকোহলের জারণ প্রক্রিয়ায় অ্যালডিহাইড প্রস্তুতির ক্ষেত্রে $K_2Cr_2O_7$ ব্যবহার না করে $Na_2Cr_2O_7$ ব্যবহার করাই শ্রেয়। কারণ $Na_2Cr_2O_7$ এর দ্রাব্যতা $K_2Cr_2O_7$ অপেক্ষা অধিক। $Na_2Cr_2O_7$ এর জলীয় দ্রবণে 1° অ্যালকোহল বিশেষ করে মিথানল বা ইথানল যোগ করলে কোনোরূপ অধঃক্ষেপের সৃষ্টি হয় না।

(খ) প্রাইমারি অ্যালকোহলকে কলিন্স বিকারক (Collin's reagent) এর সাহায্যে জারিত করে অ্যালডিহাইড প্রস্তুত করা হয়ে থাকে। কলিন্স বিকারক হলো ক্রোমিয়াম ট্রাইঅক্সাইড পিরিডিন জটিল যৌগ $(C_6H_5N)_2CrO_3$. এক্ষেত্রে দ্রাবক হিসেবে ডাইক্লোরো মিথেন (CH_2Cl_2) কে ব্যবহার করা হয়।

$$R - CH_2OH \xrightarrow[\text{দ্রাবক } CH_2Cl_2]{(C_6H_5N)_2CrO_3} R - CHO + H_2O.$$

এক্ষেত্রে প্রাইমারি অ্যালকোহলের জারণ অ্যালডিহাইডে সীমাবদ্ধ থাকে।

২. হাইড্রোজেন অপসারণ : প্রভাবকের সাহায্যে প্রাইমারি অ্যালকোহল থেকে হাইড্রোজেন অপসারণ করে অ্যালডিহাইড প্রস্তুত করা যায়। এক্ষেত্রে প্রাইমারি অ্যালকোহলের বাষ্প উত্তপ্ত কপার অথবা সিলভার প্রভাবকের উপর দিয়ে প্রবাহিত করলে অ্যালকোহল হতে হাইড্রোজেন অপসারণের মাধ্যমে এটি অ্যালডিহাইডে পরিবর্তিত হয়।

বিক্রিয়া : $R - CH_2OH \xrightarrow[250°C]{Cu} R - CHO + H_2;$ $\quad CH_3 - CH_2OH \xrightarrow[250°C]{Cu} CH_3 - CHO + H_2.$

$$Ar - CH_2OH \xrightarrow[300°C]{Cu} Ar - CHO + H_2.$$

এক্ষেত্রে উৎপন্ন অ্যালডিহাইড পুনরায় জারিত হয় না বলে শিল্পে এ পদ্ধতি অনুসরণ করা হয়ে থাকে।

৩. **অ্যালকাইন থেকে :** প্রভাবক 2% $HgSO_4$ ও 20% H_2SO_4 দ্রবণের মধ্যে অ্যালকাইনকে 70° – 80°C তাপমাত্রায় চালনা করলে অ্যালডিহাইড ও কিটোন উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে প্রথমে অস্থায়ী ভিনাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয় যা তাপে পুনর্বিন্যাস ঘটে অ্যালডিহাইডে পরিণত হয়।

বিক্রিয়া :

$$R-C\equiv CH + H_2O \xrightarrow[20\%\ H_2SO_4]{2\%\ HgSO_4} R-\overset{OH}{\overset{|}{C}}=CH_2 \xrightarrow{80°C} R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_3$$

$$CH\equiv CH + H_2O \xrightarrow[20\%\ H_2SO_4]{2\%\ HgSO_4} CH_2=CHOH \xrightarrow{80°C} \underset{\text{ইথান্যাল}}{CH_3-CHO}$$

৪. **অ্যালকিন থেকে :** অ্যালকিন যৌগসমূহ ওজোনের সাথে বিক্রিয়া করে ওজোনাইড যৌগ গঠন করে। ওজোনাইডকে আর্দ্র বিশ্লেষণ করলে অ্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়।

বিক্রিয়া :

$$R-CH=CH-R' + O_3 \rightarrow R-\underset{\diagdown O \diagup}{CH}-O-\underset{\diagup O \diagdown}{CH}-R' \xrightarrow[\text{তাপ}]{Zn,\ H_2O} R-CHO + R'-CHO + (H_2O_2 + Zn)/ZnO + H_2O$$

এ বিক্রিয়ায় H_2O_2 উৎপন্ন হয়। এটি একটি জারক পদার্থ বিধায় একে অপসারণ করা প্রয়োজন। তা না হলে উৎপন্ন অ্যালডিহাইড পুনরায় জারিত হয়ে এসিডে পরিবর্তিত হয়ে যায়। তাই H_2O_2 কে অপসারণের জন্য জিংক চূর্ণ ব্যবহার করা হয়।

উদাহরণ :

$$CH_2=CH_2 + O_3 \longrightarrow \underset{\diagdown O \diagup}{CH_2}-O-\underset{\diagup O \diagdown}{CH_2} \xrightarrow[\text{তাপ}]{Zn,\ H_2O} 2H-CHO + ZnO + H_2O.$$

$$CH_3-CH=CH_2 + O_3 \rightarrow CH_3-\underset{\diagdown O \diagup}{CH}-O-\underset{\diagup O \diagdown}{CH_2} \xrightarrow[\text{তাপ}]{Zn,\ H_2O} CH_3-CHO + H-CHO + ZnO + H_2O$$

৫. **জৈব এসিডের ক্যালসিয়াম লবণ থেকে :** জৈব এসিডের ক্যালসিয়াম লবণ ও ক্যালসিয়ামের মিশ্র লবণকে শুষ্ক পাতন করলে অ্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়।

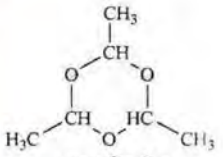
বিক্রিয়া :

$$(H-COO)_2Ca \xrightarrow{\text{তাপ}} CaCO_3 + H-CHO \text{ (মিথান্যাল)}$$

$$(R-COO)_2Ca + (H-COO)_2Ca \xrightarrow{\text{তাপ}} 2R-CHO + 2CaCO_3.$$

$$(CH_3-COO)_2Ca + (H-COO)_2Ca \xrightarrow{\text{তাপ}} 2CH_3-CHO + 2\,CaCO_3.$$

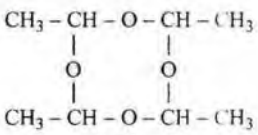
মনে রাখবে : 15 – 20 °C তাপমাত্রায় ইথান্যালের সাথে সামান্য পরিমাণ গাঢ় সালফিউরিক এসিড মিশ্রিত করলে প্রতি তিন অণু ইথান্যাল পরস্পরের সাথে যুক্ত হয়ে "প্যারালডিহাইড" $(CH_3-CHO)_3$ নামক মিষ্টি গন্ধযুক্ত তরল উৎপন্ন করে। এর স্ফুটনাঙ্ক 128 °C এবং এর কোনো বিজারণ ধর্ম থাকে না।



প্যারালডিহাইড

প্যারালডিহাইডকে লঘু সালফিউরিক এসিড সহযোগে পাতিত করলে পুনরায় ইথান্যাল উৎপন্ন হয়।

তবে 0 °C তাপমাত্রায় সামান্য পরিমাণ লঘু সালফিউরিক এসিডের উপস্থিতিতে চার অণু ইথান্যাল যুক্ত হয়ে "মেটালডিহাইড" নামক পলিমার উৎপন্ন করে। এটি সাদা বর্ণের কঠিন পদার্থ এবং গলনাঙ্ক 246 °C মেটালডিহাইডকে লঘু সালফিউরিক এসিড সহযোগে পাতন করলে পুনরায় ইথান্যাল পাওয়া যায়। তবে ইথান্যালের সাথে লঘু কস্টিক সোডা বা কস্টিক পটাশের জলীয় দ্রবণ মিশ্রিত করলে দুই অণু ইথান্যাল যুক্ত হয়ে "অ্যালডল" নামক পদার্থ উৎপন্ন করে।



মেটালডিহাইড

$$2CH_3-CHO \xrightarrow{\text{লঘু NaOH দ্রবণ}} \underset{\text{2-হাইড্রক্সিবিউটান্যাল বা অ্যালডল}}{CH_3-\overset{3}{C}H(OH)-\overset{2}{C}H_2-\overset{1}{C}HO} \xrightarrow{\text{তাপ}} \underset{\text{বিউট-2-ইন্যাল (ক্রোটন্যালডিহাইড)}}{CH_3-\overset{3}{C}H=\overset{2}{C}H-\overset{1}{C}HO} + H_2O$$

এ বিক্রিয়াটিকে অ্যালডল ঘনীকরণ বিক্রিয়া বলা হয়।

অ্যালডিহাইডের শনাক্তকরণ : নিচের পরীক্ষা দুটির মাধ্যমে অ্যালডিহাইড যৌগকে শনাক্তকরণ করা হয়ে থাকে।

১. টলেন বিকারক পরীক্ষা বা সিলভার দর্পণ পরীক্ষা :

পরীক্ষণ : একটি পরীক্ষানলে তরল জৈব নমুনা নিয়ে তাতে 2–4 ফোঁটা টলেন বিকারক যোগ করে অল্প তাপে সামান্য উত্তপ্ত (50 – 60 °C) করে স্থির অবস্থায় রেখে দাও।

পর্যবেক্ষণ : পরীক্ষানলের ভিতরে সিলভার অধঃক্ষেপ আকারে জমা হয়।

সিদ্ধান্ত : জৈব নমুনাটি অ্যালডিহাইড।

$$R - CHO + 2[Ag(NH_3)_2]OH \xrightarrow{60°C} 2Ag\downarrow + R\,COO\,NH_4 + 3NH_3 + H_2O$$

$AgNO_3$ দ্রবণে প্রথমে NaOH যোগ করে Ag_2O তৈরি করা হয়। Ag_2O 30% NH_4OH এর জলীয় দ্রবণে দ্রবীভূত হয়। $Ag_2O + 4NH_3 + H_2O \rightarrow 2[Ag(NH_3)_2]^+OH^-$

$$R - CHO + 2Ag^+(aq) + 2OH^-(aq) \rightarrow R - COOH + 2Ag\downarrow + H_2O(l)$$

টলেন বিকারক : 10% $AgNO_3$ দ্রবণে 30% NH_4OH দ্রবণ 1 ঃ 2 অনুপাতে মিশ্রিত করে মিশ্রণকে ভালোমতো ঝাকিয়ে নেওয়া হয়। এ দ্রবণের মধ্যে আরও কিছু NH_4OH দ্রবণ যোগ করে রিয়েজেন্ট বোতলে রেখে বোতলের মুখে কর্ক এঁটে রাখা হয়। এ দ্রবণই টলেন বিকারক। $AgNO_3 + NH_4OH \rightarrow AgOH + NH_4NO_3$. $AgOH + 2NH_4OH \rightarrow [Ag(NH_3)_2]OH$ (টলেন বিকারক) $+ 2H_2O$.

২. ফেহলিং দ্রবণ পরীক্ষা :

পরীক্ষণ : একটি পরীক্ষানলে সামান্য পরিমাণে তরল জৈব নমুনাকে নিয়ে এর মধ্যে 2 – 4 ফোঁটা ফেহলিং দ্রবণ যোগ করে মিশ্রণকে 60–70 °C তাপমাত্রায় 1 – 2 মিনিট উত্তপ্ত কর।

পর্যবেক্ষণ : কপার (I) অক্সাইড (Cu_2O) এর লালচে বাদামি বর্ণের অধঃক্ষেপের সৃষ্টি হয়।

$$R - CHO + 2Cu(OH)_2 + NaOH \xrightarrow{70°C} R - COONa + Cu_2O\downarrow + H_2O$$

(লালচে বাদামি)



চিত্র ২.২৬ : ফেহলিং দ্রবণ পরীক্ষায় বাদামী বর্ণের অধঃক্ষেপ সৃষ্টি

সিদ্ধান্ত : জৈব নমুনাটি অ্যালডিহাইড শ্রেণির যৌগ।

ফেহলিং দ্রবণ : কপার সালফেটের ঘন দ্রবণের মধ্যে রোচিলি লবণ অর্থাৎ সোডিয়াম পটাসিয়াম টারট্রেটের [$NaOOC - (CHOH)_2 - COOK$] দ্রবণ কম পরিমাণে মিশ্রিত করে 50 – 60 °C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে দ্রবণে অতিরিক্ত কস্টিক সোডা (NaOH) দ্রবণ যোগ করে ক্ষারীয় করা হয়। এ দ্রবণই ফেহলিং দ্রবণ।

অ্যালডিহাইড বেনেডিকটের দ্রবণকেও বিজারিত করে থাকে। বেনেডিকটের দ্রবণ ফেহলিং দ্রবণের মতোই। পার্থক্য এই যে, এতে সোডিয়াম পটাসিয়াম টারট্রেট ও কস্টিক সোডার পরিবর্তে সোডিয়াম সাইট্রেট ও সোডিয়াম কার্বনেটকে ব্যবহার করা হয়।

চিন্তা করে উত্তর দাও – ২.৩১ :

বিউট-1-ইন এর সাথে ওজোনের বিক্রিয়ায় ও আর্দ্র বিশ্লেষণে মিশ্র অ্যালডিহাইড উৎপন্ন হলেও বিউট- 2-ইন এর সাথে ওজোনের বিক্রিয়ায় বিশুদ্ধ একক অ্যালডিহাইড উৎপন্ন হয় কেন?

চিন্তা করে উত্তর দাও – ২.৩২ :

A যৌগটি কার্বন টেট্রাক্লোরাইডে দ্রবীভূত Br_2 দ্রবণের লাল বর্ণকে বর্ণহীন করে। B ও C উভয়েই ফেহলিং দ্রবণ পরীক্ষা প্রদর্শন করে। B আয়োডোফর্ম বিক্রিয়া প্রদর্শন করলেও C করে না।

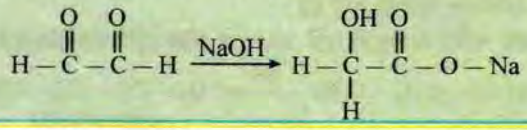
$$A \xrightarrow{\text{ওজোনীকরণ}} \begin{matrix} \rightarrow B \\ \rightarrow C \end{matrix}$$

A, B ও C যৌগ তিনটি চিহ্নিত কর। প্রতিটি ক্ষেত্রে সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়া দেখাও।

ক্যানিজারো বিক্রিয়া : যেসব অ্যালডিহাইড অণুতে α-হাইড্রোজেন নেই তাদেরকে 50% জলীয় অথবা অ্যালকোহলীয় কস্টিক সোডা বা কস্টিক পটাশের দ্রবণ সহযোগে বিক্রিয়া ঘটালে প্রতি দুই অণু অ্যালডিহাইড প্রতি ইউনিট বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। এর মধ্যে এক অণু অ্যালডিহাইড জারিত হয়ে এসিডে পরিণত হয় এবং অপর অণু অ্যালডিহাইড বিজারিত হয়ে অ্যালকোহলে পরিণত হয়।

$$2H-CHO \xrightarrow[\text{তাপ}]{NaOH} CH_3-OH + H-COONa \text{ (স্বতঃ জারণ-বিজারণ)}$$

$$2C_6H_5-CHO \xrightarrow{50\%\ NaOH\ \text{দ্রবণ}} C_6H_5-CH_2OH + C_6H_5-COONa$$



এ ধরনের স্বতঃ জারণ-বিজারণ বিক্রিয়াকে ক্যানিজারো বিক্রিয়া বলা হয়। তবে ট্রাইক্লোরোইথান্যাল বা ক্লোরাল (CCl_3-CHO) অণুতে কোনো α-হাইড্রোজেন না থাকা সত্ত্বেও এর পক্ষে ক্যানিজারো বিক্রিয়া প্রদর্শন করা সম্ভব হয় না। ক্লোরালকে কস্টিক সোডা সহযোগে উত্তপ্ত করলে ক্লোরোফর্ম ও সোডিয়াম ফরমেট উৎপন্ন হয়।

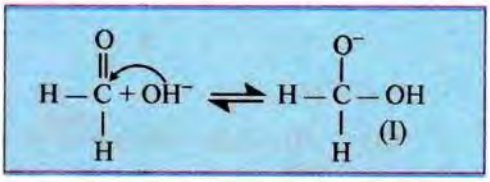
$$CCl_3-CHO + NaOH \rightarrow CHCl_3 + H-COONa$$

আবার, 2, 2 ডাইমিথাইল প্রোপান্যাল ($\overset{3}{C}H_3-\overset{2}{C}(CH_3)_2-\overset{1}{C}HO$) অণুতে α-হাইড্রোজেন পরমাণুর অনুপস্থিতির কারণে এ যৌগটি ক্যানিজারো বিক্রিয়া প্রদর্শন করতে পারে।

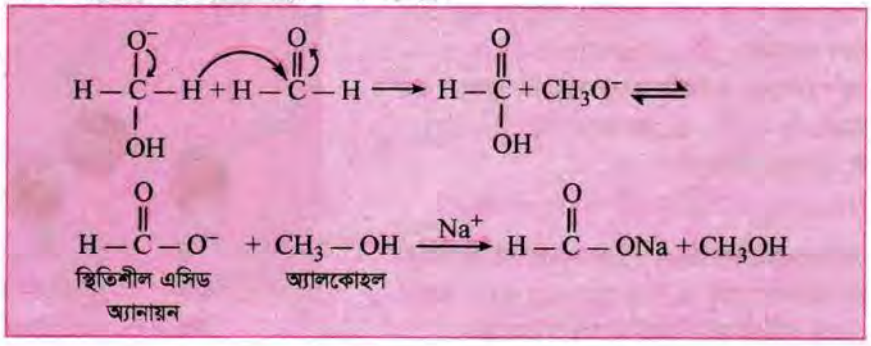
ক্যানিজারো বিক্রিয়ার কৌশল : বিক্রিয়াটি দুই ধাপে সম্পন্ন হয়। প্রথম ধাপে লঘু কস্টিক সোডা দ্রবণে OH^- আয়ন উৎপন্ন করে।

$$NaOH \rightleftharpoons Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

OH^- আয়ন একটি নিউক্লিওফাইল বিকারক। এ OH^- আয়নের উপস্থিতিতে α-কার্বনবিহীন অ্যালডিহাইডের কার্বনিল কার্বন অ্যানায়ন (I) গঠন করে।



দ্বিতীয় ধাপে : উৎপন্ন অ্যানায়ন (I) থেকে একটি হাইড্রাইড আয়ন (H^-) অপর একটি α-কার্বন বিহীন অ্যালডিহাইড অণুর কার্বনিল কার্বনে স্থানান্তরিত হয়। ফলে এসিড ও অ্যালডিহাইড আয়ন গঠিত হয়। এরা পরস্পর প্রোটন (H^+) বিনিময় করে অধিক স্থিতিশীল এসিড অ্যানায়ন ও অ্যালকোহলে পরিণত হয়।



মনে রাখবে : যেসব অ্যালডিহাইড বা কিটোনের গঠনে α-হাইড্রোজেন পরমাণু বর্তমান ওরা লঘু ক্ষার বা এসিডের উপস্থিতিতে নিজেদের মধ্যে বিক্রিয়া করে যৌগ গঠন করে। α-হাইড্রোজেনের উপস্থিতি আছে এ ধরনের অ্যালডিহাইড অথবা কিটোনের সাথে কক্ষ তাপমাত্রায় লঘু ক্ষার অথবা এসিডের বিক্রিয়ায় দুই অণু কার্বনিল যৌগের কনডেনসেশন ঘটে এবং β-হাইড্রক্সিঅ্যালডিহাইড বা অ্যালডল জাতীয় যৌগ উৎপন্ন হয়। উদাহরণস্বরূপ : লঘু NaOH এর দ্রবণ অথবা লঘু HCl এসিডের উপস্থিতিতে ইথান্যাল কনডেনসেশন বিক্রিয়ার মাধ্যমে অ্যালডল নামক তরল উৎপন্ন করে।

$$\underset{\text{ইথান্যাল}}{2CH_3-CHO} \xrightarrow{NaOH} \underset{\text{3-হাইড্রক্সিবিউটান্যাল বা অ্যালডল}}{CH_3-\overset{3}{C}H(OH)-\overset{2}{C}H_2-\overset{1}{C}HO}$$

ইথান্যাল থেকে উৎপন্ন যৌগটিতে অ্যালডিহাইড ও অ্যালকোহল উভয় কার্যকরী মূলক বর্তমান থাকায় একে অ্যালডল নামে অভিহিত করা হয়। এ বিক্রিয়াটিকে অ্যালডল ঘনীকরণ বিক্রিয়া বলা হয়।

অ্যালডলকে উত্তপ্ত করলে অতি সহজেই পানির অপসারণ ঘটে অসম্পৃক্ত যৌগ ক্রোটন্যালডিহাইড উৎপন্ন করে।

$$CH_3-CH(OH)-CH_2-CHO \xrightarrow{\text{তাপ}} \underset{\text{ক্রোটন্যালডিহাইড}}{CH_3-CH=CH-CHO} + H_2O$$

অ্যালডল ঘনীকরণের কৌশল : বিক্রিয়াটি দুই ধাপে সম্পন্ন হয়।

প্রথম ধাপ : এ ধাপে একটি কার্বানায়ন (I) গঠিত হয়। ইথান্যালের অ্যালডিহাইড মূলক ইলেকট্রন আকর্ষী বলে, α-কার্বন পরমাণুর সাথে যুক্ত যে কোনো একটি কার্বন-হাইড্রোজেন (C – H) বন্ধনকে দুর্বল করে এবং ক্ষারের OH^- আয়নের উপস্থিতিতে যেকোনো একটি হাইড্রোজেন পরমাণু প্রোটন হিসেবে অপসারিত হয়ে কার্বানায়ন (I) গঠন করে।

$$NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$$

$$OH^- + H-CH_2-CHO \rightleftharpoons H_2O + \underset{(I)}{:\bar{C}H_2-CHO}$$

দ্বিতীয় ধাপ : অপর একটি ইথান্যালে অণুর অ্যালডিহাইড মূলকে (– CHO) ইলেকট্রোমারিক প্রভাবের ফলে কার্বোনিয়াম আয়ন উৎপন্ন করে। উৎপন্ন কার্বোনিয়াম আয়ন প্রথম ধাপের কার্বানায়নের সাথে যুক্ত হলে অ্যালডলের অ্যানায়ন (II) গঠন করে। এ অ্যানায়নটি বিক্রিয়ক স্থলের পানি থেকে একটি প্রোটন গ্রহণ করে অ্যালডলে পরিণত হয় এবং ক্ষারীয় প্রভাবক OH^- উৎপন্ন করে।

$$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{\underset{H}{\underset{|}{C}}}+:\bar{C}H_2-CHO \rightleftharpoons CH_3-\overset{O^-}{\underset{H}{\underset{|}{C^+}}}+:\bar{C}H_2-CHO \rightleftharpoons$$

$$CH_3-\underset{(II)}{\overset{O^-}{\underset{|}{CH}}}-CH_2-CHO \xrightarrow{H_2O} CH_3-\overset{OH}{\underset{|}{CH}}-CH_2-CHO+OH^-$$

২.১২.৯ | কিটোন (Ketones)

দ্বিযোজী কার্বনিল মূলক (>C = O) এর উভয় যোজনী যদি একই বা ভিন্ন অ্যালকাইল মূলক অথবা অ্যারাইল মূলকের সাথে যুক্ত হয়ে যৌগ গঠন করে তবে গঠিত যৌগকে কিটোন বলা হয়ে থাকে। এর সাধারণ সংকেত $C_nH_{2n}O$, এখানে, n = 3, 4, 5 ------ ইত্যাদি। এ শ্রেণি যৌগের কার্যকরী মূলক কার্বনিল মূলক। এর সংকেত >CO যেমন, R – CO – R, R– CO – R′, R – CO – Ar ইত্যাদি কিটো যৌগের উদাহরণ।



চিত্র ২.২৭ : প্রোপানোন

সাধারণ প্রস্তুতি (General methods of Preparation) :

১. **সেকেন্ডারি অ্যালকোহলের জারণ :** সেকেন্ডারি অ্যালকোহল বা 2° অ্যালকোহলকে লঘু H_2SO_4 যুক্ত $K_2Cr_2O_7$ অথবা $Na_2Cr_2O_7$ দ্বারা জারিত করে কিটোন প্রস্তুত করা হয়।

$K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 4H_2O + 3[O]$

$3R - CH(OH) - R' + 3[O] \rightarrow 3R - CO - R' + 3H_2O$

উদাহরণ : $CH_3 - CH(OH) - CH_3 + [O] \xrightarrow[H_2SO_4]{K_2Cr_2O_7} CH_3 - CO - CH_3 + H_2O.$

কিটোনের ক্ষেত্রে জারণ প্রক্রিয়া সামনের দিকে অগ্রসর হওয়ার সম্ভাবনা খুবই কম। কারণ এক্ষেত্রে সুদৃঢ় কার্বন-কার্বন বন্ধন ভাঙার প্রয়োজন হয়। তাই এক্ষেত্রে H_2SO_4 যুক্ত $KMnO_4$ দ্রবণকেও জারক হিসেবে ব্যবহার করা যায়।

২. **হাইড্রোজেন অপসারণ :** কপার অথবা সিলভার প্রভাবকের উপস্থিতিতে 300°C তাপমাত্রায় সেকেন্ডারি অ্যালকোহলের বাষ্পকে চালনা করলে অ্যালকোহল থেকে এক অণু হাইড্রোজেন অপসারিত হয়ে এটি কিটোনে পরিণত হয়।

$$R - CH(OH) - R' \xrightarrow[300°C]{Cu} R - CO - R' + H_2$$

উদাহরণ : $CH_3 - CH(OH) - CH_3 \xrightarrow[300°C]{Cu} CH_3 - CO - CH_3 + H_2$

৩. **জৈব এসিডের ক্যালসিয়াম লবণ থেকে :** মিথানোয়িক এসিড ব্যতীত অন্যান্য জৈব এসিডের ক্যালসিয়াম লবণকে শুষ্ক পাতন করে কিটোন প্রস্তুত করা হয়।

$(R - COO)_2 Ca \xrightarrow{\text{তাপ}} R - CO - R + CaCO_3$ **উদাহরণ :** $(CH_3 - COO)_2 Ca \xrightarrow{\text{তাপ}} CH_3 - CO - CH_3 + CaCO_3.$

৪. **জৈব এসিড থেকে :** মিথানোয়িক এসিড ভিন্ন অন্যান্য ফ্যাটি এসিডের বাষ্পকে 300°C তাপমাত্রায় ম্যাঙ্গানাস অক্সাইড (MnO) অথবা অ্যালুমিনা (Al_2O_3) এর উপর দিয়ে প্রবাহিত করলে কিটোন উৎপন্ন হয়।

$$2R - COOH \xrightarrow[300°C]{MnO/Al_2O_3} R - CO - R + H_2O + CO_2$$

উদাহরণ : $2CH_3 - COOH \xrightarrow[300°C]{MnO/Al_2O_3} CH_3 - CO - CH_3$ (প্রোপানোন) $+ H_2O$

৫. **মার্কনিকভের সূত্রের প্রয়োগে :** প্রভাবক $HgSO_4$ এর উপস্থিতিতে লঘু H_2SO_4 ও 60 °C তাপমাত্রার জলীয় দ্রবণের মধ্যে প্রোপাইন গ্যাস চালনা করলে প্রোপানোন উৎপন্ন হয়।

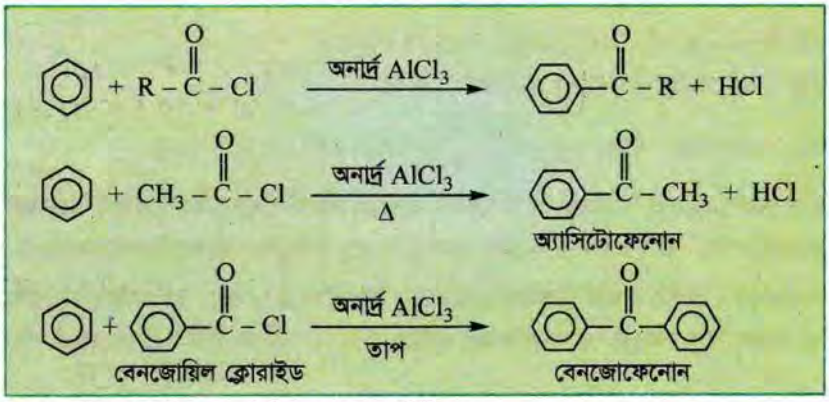
$$CH_3 - C \equiv CH + H^+ - OH^- \xrightarrow[2\%\ HgSO_4]{20\%\ H_2SO_4} CH_3 - \overset{OH}{\overset{|}{C}} = CH_2 \xrightarrow{60\ °C} CH_3 - \overset{O}{\overset{\|}{C}} - CH_3$$

দ্বিবন্ধন যুক্ত পরমাণুদ্বয়ের যেটিতে সর্বাপেক্ষা কম সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে পোলার অণুর ঋণাত্মক অংশ সেই কার্বন পরমাণুর সাথে যুক্ত হয়। ধনাত্মক অংশটি সংশ্লিষ্ট অপর কার্বন পরমাণুর সাথে যুক্ত হয়।

মনে রাখবে : $>C=O$ মূলকের দ্বিবন্ধটি $>C=O$ মূলকের দ্বিবন্ধন থেকে সম্পূর্ণ ভিন্ন প্রকৃতির। অ্যালডিহাইড ও কিটোনের $>C=O$ বন্ধনে নিউক্লিওফিলিক সংযোজন বিক্রিয়া ঘটলেও অ্যালকিনের $>C=O$ বন্ধনে ইলেকট্রোফিলিক সংযোজন বিক্রিয়া ঘটে। $>C=O$ মূলকের কার্বন অক্সিজেন বন্ধনটি পোলার কিন্তু $>C=O$ মূলকের কার্বন-কার্বন বন্ধন অপোলার হয়। অ্যালকিনের ক্ষেত্রে $>C=O$ এর কারণে অণুতে জ্যামিতিক সমাণুতার সৃষ্টি হয় কিন্তু $>C=O$ বন্ধনের ক্ষেত্রে এ জাতীয় সমাণুতা মোটেও সম্ভব নয়। যদিও উভয় ক্ষেত্রে কার্বন পরমাণুতে sp^2 সংকরায়ন ঘটে।

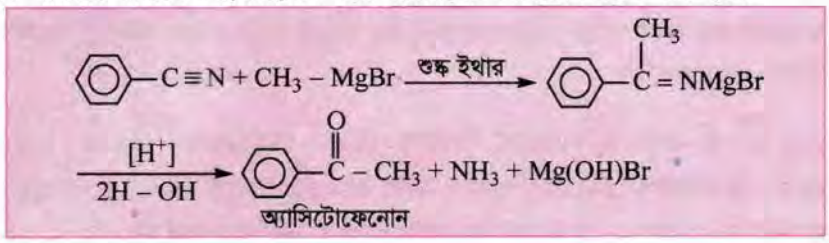
অ্যারোমেটিক কিটোন :

১. লুইস এসিড অনার্দ্র $AlCl_3$ এর উপস্থিতিতে অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বনের সাথে এসিড ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় অ্যারোমেটিক কিটোন প্রস্তুত করা হয়।



এ বিক্রিয়াটি ফ্রিডেল ক্রাফট অ্যাসাইলেশন বিক্রিয়া নামে পরিচিত।

২. গ্রিগনার্ড বিকারক থেকে : ফিনাইল নাইট্রাইল এর সাথে গ্রিগনার্ড বিকারকের বিক্রিয়ায় প্রথমে যুত যৌগ উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন যুত যৌগকে এসিডীয় মাধ্যমে আর্দ্র বিশ্লেষণ করে অ্যারোমেটিক কিটোন প্রস্তুত করা হয়।



কিটোনের শনাক্তকরণ :

পরীক্ষা নং- ১ :

পরীক্ষণ : পরীক্ষানলে পরীক্ষাধীন তরল জৈব নমুনার সাথে প্রয়োজন মতো আয়োডিন ও NH_4OH দ্রবণ যোগ করে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত কর।

পর্যবেক্ষণ : আয়োডোফর্মের হলুদ অধঃক্ষেপের সৃষ্টি হয়।

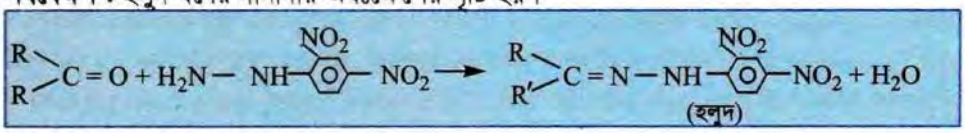
$$CH_3 - CO - CH_3 + 2I_2 + 2NH_4OH \xrightarrow{\text{তাপ}} CHI_3\downarrow + CH_3 - COONH_4 + NH_4I + H_2O.$$

সিদ্ধান্ত : পরীক্ষণীয় যৌগটিতে কার্বনিল ($>CO$) মূলক উপস্থিত।

পরীক্ষা নং- ২ :

পরীক্ষণ : পরীক্ষানলে পরীক্ষাধীন জৈব নমুনার মধ্যে ইথানল যোগ করে সামান্য ঝাঁকাও। অতঃপর এতে 2–3 ফোঁটা 2, 4-ডাইনাইট্রোফিনাইল হাইড্রাজিন দ্রবণ যোগ কর। প্রয়োজনে সামান্য তাপ দাও।

পর্যবেক্ষণ : হলুদ বর্ণের দানাদার অধঃক্ষেপের সৃষ্টি হয়।



পরীক্ষা নং ৩ : লিগাল পরীক্ষা (Legal's Test) :

পরীক্ষণ : পরীক্ষাধীন জৈব নমুনার মধ্যে 3 – 4 ফোঁটা NaOH দ্রবণ যোগ করে কয়েক ফোঁটা সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইডের সদ্য প্রস্তুত দ্রবণ যোগ কর।

পর্যবেক্ষণ : প্রথমে নীলাভ লাল (Ruby Red) বর্ণের দ্রবণের সৃষ্টি হয়। কিছুক্ষণ পরে দ্রবণ হলুদ বর্ণের হয়।

সিদ্ধান্ত : পরীক্ষাধীন জৈব নমুনাতে কার্বনিল ($>C=O$) মূলক উপস্থিত।

চিন্তা করে উত্তর দাও – ২.৩৩ :

2°-অ্যালকোহলকে H_2SO_4 মিশ্রিত $K_2Cr_2O_7$ বা $Na_2Cr_2O_7$ দ্বারা জারিত করে কিটোন প্রস্তুত করতে পার। আবার 3°-অ্যালকোহলকেও একই প্রক্রিয়ায় কিটোনে পরিবর্তন করা যায়। এ দুটি প্রক্রিয়ার মধ্যে মৌলিক কী পার্থক্য তুমি পাবে?

সমস্যা : C_3H_8O আণবিক সংকেতযুক্ত একটি তরল জৈব যৌগ, A যা আয়োডোফর্ম বিক্রিয়া প্রদর্শন করে। A যৌগটিকে নিরুদিত করলে B যৌগ উৎপন্ন হয়। B যৌগটিকে ওজোনিকরণ করে আর্দ্র বিশ্লেষণ করলে এক ও দুই কার্বনবিশিষ্ট অ্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়। A ও B যৌগ দুটিকে চিহ্নিত কর।

সমাধান : B যৌগটিকে ওজোনিকরণ করে আর্দ্র বিশ্লেষণ করলে এক ও দুই কার্বন বিশিষ্ট অ্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়।

$$\underset{\text{(ইথান্যাল)}}{CH_3-C\equiv C-H} \xrightarrow{} \underset{\text{(প্রোপিন)}}{CH_3-C=C-H} \quad \text{বা, } CH_3-CH=CH_2$$

(মিথান্যাল)

B যৌগটি হলো প্রোপিন। A যৌগের নিরুদনের ফলে প্রোপিন উৎপন্ন হয়।

$\therefore$ A যৌগটি হয় প্রোপানল-1 ($CH_3-CH_2-CH_2-OH$) না হয় প্রোপানল - 2 ($CH_3-\underset{|}{\overset{OH}{CH}}-CH_3$) কারণ এদের যে কোনটিকেই নিরুদিত করলে প্রোপিন উৎপন্ন হয়। এখন A যৌগটি আয়োডোফর্ম বিক্রিয়ায় প্রদর্শন করে। তাই A যৌগটি হবে প্রোপানল-2 ($CH_3-CHOH-CH_3$)।

$$CH_3-\underset{|}{\overset{OH}{CH}}-CH_3 \xrightarrow[350°C]{Al_2O_3} CH_3-CH=CH_2+H_2O$$

$$CH_3-CH=CH_2+O_3 \rightarrow CH_3-\underset{|}{\overset{O\!\!-\!\!-\!\!O}{CH}}-O-CH_2 \xrightarrow[\text{তাপ}]{Zn,\ H_2O} \underset{\text{(ইথান্যাল)}}{CH_3-CHO}+\underset{\text{(মিথান্যাল)}}{HCHO}+ZnO+H_2O$$

দলগতভাবে কর – ২.৩৪ :

১. C_3H_8O আণবিক সংকেত দ্বারা গঠিত দুটি সমাণু যৌগ A ও B। A যৌগটি আয়োডোফর্ম বিক্রিয়া প্রদর্শন করলেও B যৌগটি এ বিক্রিয়া প্রদর্শন করে না। পৃথক পৃথকভাবে অ্যালুমিনা চূর্ণের উপর দিয়ে এদের বাষ্প চালনা করলে একই যৌগ C উৎপন্ন হয়। A, B, C যৌগ তিনটি শনাক্ত কর এবং এর সপক্ষে যুক্তি দাও।

২. C_3H_8O আণবিক সংকেত দ্বারা গঠিত দুটি সমাণু যৌগ A ও B কে জারিত করলে যথাক্রমে C ও D উৎপন্ন হয়। C যৌগটি আয়োডোফর্ম গঠন করলেও D করে না। A, B, C ও D যৌগ শনাক্ত কর এবং এর সপক্ষে যুক্তি দাও। C ও D যৌগ দুটির মধ্যে কীভাবে পার্থক্য নির্ধারণ করবে?

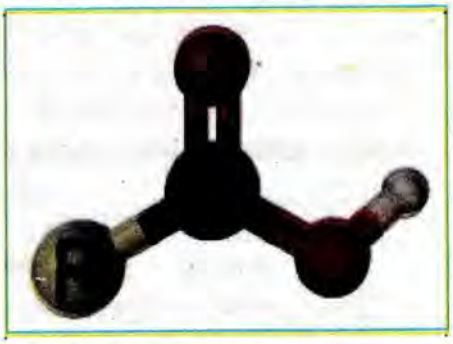
৩. চার কার্বন বিশিষ্ট একটি অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন A. একে ওজোনিকরণ করলে B ও C উৎপন্ন হয়। B আয়োডোফর্ম গঠন করে না কিন্তু ফেহলিং দ্রবণ পরীক্ষা প্রদর্শন করে। C আয়োডোফর্ম গঠন করে কিন্তু ফেহলিং দ্রবণ পরীক্ষা প্রদর্শন করে না। A, B ও C চিহ্নিত কর এবং প্রতিটি ক্ষেত্রে সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়া দেখাও। B ও C এর মধ্যে পার্থক্য নির্ধারণকারী দুটি পরীক্ষার উল্লেখ কর।

৪. চার কার্বনবিশিষ্ট একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বন যা ব্রোমিন দ্রবণকে বর্ণহীন করে এবং ওজোনিকরণের ফলে দুটি ভিন্ন সমগোত্রীয় শ্রেণির যৌগ উৎপন্ন করে থাকে। যৌগটিকে শনাক্ত কর এবং সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়া দেখাও। উৎপন্ন যৌগ দুটির মধ্যে কিভাবে পার্থক্য নির্ধারণ করবে?

৫. C_4H_8 আণবিক সংকেত বিশিষ্ট A একটি অ্যালকিন। এর ওজোনিকরণের ফলে যৌগের কোনটিই I_2 ও KOH এর সাথে বিক্রিয়া করে না। A যৌগটির সাথে HBr এর বিক্রিয়ায় যে যৌগ উৎপন্ন হয় তাকে অ্যালকোহলীয় কস্টিক পটাস দ্রবণসহ উত্তপ্ত করলে অপর একটি B অ্যালকিন উৎপন্ন হয়। যার ওজোনিকরণের ফলে উৎপন্ন যৌগ I_2 ও কস্টিক সোডা এর সাথে বিক্রিয়া করে হলুদ বর্ণের কেলাসাকার যৌগ গঠন করে। A ও B শনাক্ত কর এবং সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়া দেখাও। A ও B যৌগ দুটির মধ্যে কোনটি জ্যামিতিক সমাণুতা প্রদর্শন করবে– ব্যাখ্যা কর।

২.১২.১০ | কার্বক্সিলিক এসিড (Carboxylic Acids)

যেসব জৈব যৌগের অণুতে একযোজী কার্বক্সিল মূলক (– COOH) বর্তমান থাকে তাদেরকে কার্বক্সিলিক এসিড বলা হয়ে থাকে। কার্বক্সিল মূলক (– COOH) এর মধ্যে কার্বনিল মূলক (>CO) ও হাইড্রক্সিল মূলক (– OH) এ দুটি মূলকের সমন্বয় ঘটায় একে এ নামে অভিহিত করা হয়ে থাকে। সম্পৃক্ত মনোকার্বক্সিলিক এসিডকে ফ্যাটি এসিড বা জৈব এসিড বলে। জৈব এসিড অ্যালিফেটিক ও অ্যারোমেটিক উভয় প্রকার হতে পারে। সম্পৃক্ত অ্যালিফেটিক মনোকার্বক্সিলিক এসিডের সাধারণ সংকেত $C_nH_{2n}O_2$, এখানে, n = 1, 2, 3 ইত্যাদি। মিথানোয়িক এসিড (H – COOH), ইথানোয়িক এসিড (CH_3 – COOH), বেনজোয়িক এসিড (C_6H_5 – COOH) প্রভৃতি কার্বক্সিলিক এসিডের উদাহরণ।



চিত্র ২.২৮ : কার্বক্সিলিক এসিড

সাধারণ প্রস্তুতি (General methods of preparation) : নিচের পদ্ধতিগুলো অনুসরণ করে সাধারণত কার্বক্সিলিক এসিড প্রস্তুত করা যায় :

১. **অ্যালকোহল হতে :** প্রাইমারি অ্যালকোহল পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ও সালফিউরিক এসিড সহযোগে উত্তপ্ত করলে প্রাইমারি অ্যালকোহল প্রথমে জারিত হয়ে অ্যালডিহাইডে পরিণত হয়। উৎপন্ন অ্যালডিহাইড পুনরায় জারিত হয়ে এসিডে পরিণত হয়।

$K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 4H_2O + 3[O]$

$R - CH_2OH + [O] \longrightarrow R - CHO + H_2O$; $\quad R - CHO + [O] \longrightarrow R - COOH.$

$CH_3 - OH + (O) \rightarrow H - CHO + H_2O$; $\quad H - CHO + (O) \rightarrow H - COOH$

$CH_3 - CH_2 - OH + (O) \rightarrow CH_3 - CHO + H_2O$; $\quad CH_3 - CHO + (O) \rightarrow CH_3 - COOH$

২. **সায়ানাইডের আর্দ্র বিশ্লেষণে :** সায়ানাইড যৌগকে এসিড অথবা ক্ষারীয় জলীয় দ্রবণের সাথে উত্তপ্ত করলে এটি আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে প্রথমে অ্যামাইড ও পরে কার্বক্সিলিক এসিডে পরিণত হয়। কার্বক্সিলিক এসিড প্রস্তুতির এটি একটি উত্তম পদ্ধতি।

$$R - C \equiv N + H_2O \xrightarrow{[H^+]} R - CO - NH_2 \xrightarrow[[H^+]]{H_2O} R - CO - OH + NH_3.$$

মনে রাখবে : জৈব সায়ানাইড যৌগের আর্দ্র বিশ্লেষণে কার্বক্সিলিক এসিড উৎপন্ন হয়। এ বিক্রিয়াটিকে জৈব যৌগের কার্বন পরমাণুর সংখ্যা বৃদ্ধির ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হয়।

৩. **অ্যালকিন থেকে :** প্রভাবক H_3PO_4 এর উপস্থিতিতে অ্যালকিন, কার্বন মনোক্সাইড (CO) ও উত্তপ্ত জলীয় বাষ্পের মিশ্রণকে উচ্চচাপ প্রয়োগ করে 350 – 400 °C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে কার্বক্সিলিক এসিড প্রস্তুত হয়।

$$R - CH = CH_2 + CO + H_2O_{(\text{স্টীম})} \xrightarrow[350 - 400\ ^\circ C,\ \text{উচ্চচাপ}]{H_3PO_4} R{-}\overset{\overset{CH_3}{|}}{CH}{-}COOH.$$

$$CH_2 = CH_2 + CO + H_2O_{(\text{স্টীম})} \xrightarrow[350 - 400\ ^\circ C,\ \text{উচ্চচাপ}]{H_3PO_4} CH_3 - CH_2 - COOH \text{ (প্রোপানোয়িক এসিড)}$$

৪. **তেল বা চর্বি থেকে :** তেল বা চর্বি বা চর্বি জাতীয় পদার্থকে ক্ষার বা খনিজের সাথে উত্তপ্ত করলে এটি আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে কার্বক্সিলিক এসিডে পরিণত হয়।

$$\begin{matrix} CH_2 - COOR \\ | \\ CH - COOR \\ | \\ CH_2 - COOR \end{matrix} + 3NaOH \xrightarrow{\text{তাপ}} \begin{matrix} CH_2OH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{matrix} + 3R - COONa, \quad R - COONa + H_2O \xrightarrow{[H^+]} R - COOH + NaOH.$$

৫. **অ্যালডিহাইড অথবা কিটোনের জারণ প্রক্রিয়ায় :** অ্যালডিহাইড অথবা কিটোনকে জারিত করলে কার্বক্সিলিক এসিড পাওয়া যায়। এক্ষেত্রে জারক হিসেবে H_2SO_4 ও $K_2Cr_2O_7$ কে ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

$$K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 4H_2O + 3[O]$$
$$R - CHO + [O] \longrightarrow R - COOH$$
$$R - CO - CH_3 + 4[O] \longrightarrow R - COOH + CO_2 + H_2O$$

এক্ষেত্রে দেখা যায় অ্যালডিহাইডের জারণে সমসংখ্যক কার্বন পরমাণু সম্পন্ন এসিড উৎপন্ন হয়। কিছু কিটোনের জারণে একটি কম কার্বন পরমাণু সম্পন্ন এসিড উৎপন্ন হয়।

৬. **গ্রিগনার্ড বিকারকের কার্বনেশন :** গ্রিগনার্ড বিকারক শুষ্ক CO_2 এর সাথে বিক্রিয়া করে কার্বোক্সিলিক এসিডের Mg লবণ উৎপন্ন করে।

$R - MgX + CO_2(\text{শুষ্ক}) \rightarrow R - CO - OMgX$

উৎপন্ন কার্বোক্সিলিক এসিডের Mg লবণ অম্লীয় মাধ্যমে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে কার্বোক্সিলিক এসিড উৎপন্ন করে।

$$R - CO - O - MgX + H_2O \xrightarrow{[H^+]} R - CO - OH + Mg(OH)X$$

উদাহরণস্বরূপ : $CH_3 - MgI + CO_2 \rightarrow CH_3 - CO - O - MgI \xrightarrow[[H^+]]{[H_2O]} CH_3 - CO - OH + Mg(OH)I$

কার্বক্সিলিক এসিডের রেজোনেন্স ধর্ম (Resonance Effect of Carboxylic Acid) : কার্বক্সিলিক এসিডের অণুতে কার্বক্সিলিক এসিড মূলকের মধ্যে রেজোনেন্স প্রভাব বিশেষভাবে পরিলক্ষিত হয়। এজন্য অ্যালকোহলের – OH গ্রুপ অপেক্ষা – COOH মূলকের – OH গ্রুপ খুব সহজেই প্রোটন (H^+) দান করে। প্রকৃতপক্ষে $CH_3 - CH_2 - OH$ অপেক্ষা $CH_3 - COOH$ প্রায় 10^{10} গুণ অধিক শক্তিশালী এসিড।

$$\underset{\text{(ইথানল)}}{CH_3 - CH_2 - OH} \rightleftharpoons CH_3 - \overset{H}{\underset{H}{C}} - \ddot{O}\!\curvearrowright H \rightleftharpoons CH_3 - \overset{H}{\underset{H}{C}} - \ddot{O}^{\delta-} - H^{\delta+}$$

$CH_3 - CH_2OH$ অণু থেকে মুক্ত H^+ আয়ন পানিতে এসে H_3O^+ আয়ন গঠন করে না।

$$\left[R - \overset{:O:}{\underset{\ddot{O}:-H}{C}} \rightleftharpoons R - \overset{:\ddot{O}:}{\underset{\ddot{O}:-H}{C}} \right] \rightleftharpoons \left[R - \overset{:\ddot{O}:^-}{\underset{\ddot{O}:\!\curvearrowright H}{C}} \rightleftharpoons R - \overset{:\ddot{O}:^-}{\underset{\ddot{O}:}{C}} + H^+ \right]$$

(I) (II) (III) (IV)

অসমতুল্য সমতুল্য

রেজোনেন্স গঠনের ক্ষেত্রে I নং গঠনটি যথেষ্ট সুস্থিত। কিন্তু II নং কাঠামোর গঠনটি I নং কাঠামো অপেক্ষা কম সুস্থিত হয়। কারণ II নং গঠন কাঠামোতে বিপরীত আধানযুক্ত অবস্থার সৃষ্টি হয়। II নং গঠন কাঠামোটি কম সুস্থিত হয়। গঠন কাঠামো III ও IV উভয় গঠন সমতুল্য। এটি কার্বক্সিলিক এসিডের রেজোনেন্স গঠনের মাধ্যমে সৃষ্ট সুস্থিত কার্বক্সিলেট আয়ন। কার্বোক্সিলিক এসিডের রেজোনেন্স গঠনের মাধ্যমে সৃষ্ট কার্বক্সিলেট আয়ন ও উৎপন্ন H^+ আয়ন যা পানির সংস্পর্শে খুব দ্রুত H_3O^+ আয়ন উৎপন্ন করে।

$$\left[R - \overset{:O:}{\underset{\ddot{O}:\!\curvearrowright H}{C}} + :\ddot{O}\!\overset{H}{\underset{H}{<}} \rightleftharpoons R - \overset{:\ddot{O}:^-}{\underset{\ddot{O}:}{C}} + \left(H - \ddot{O}\!\overset{H}{\underset{H}{<}} \right)^+ \right]$$

তবে প্রোটন (H^+) দান করার ক্ষমতার উপর নির্ভর করে কার্বোক্সিলিক এসিডটি কত বেশি অম্লধর্মী।

শিল্প পদ্ধতি (Industrial Method) :

পাইরোলিগনাস এসিড থেকে : নরম কাঠকে প্রায় 300 °C – 350 °C তাপমাত্রায় অন্তর্ধূম পাতন করা হয় এবং প্রাপ্ত তরল স্তরকে সংগ্রহ করা হয়। কাঠের অন্তর্ধূম পাতনের ফলে প্রাপ্ত এসিডিয় জলীয় দ্রবণকে পাইরোলিগনাস এসিড বলা হয়। এতে 8 – 10% ইথানোয়িক এসিড ($CH_3 - COOH$), 2 – 4% মিথানল (CH_3OH) এবং 0.1 – 0.5% প্রোপানোন ($CH_3 - CO - CH_3$) বর্তমান থাকে। তামার পাত্রে পাইরোলিগনাস এসিডকে নিয়ে তাপ প্রয়োগে ফোটানো হয়। নির্গত বাষ্পকে ঘন চুনের পানির মধ্যে চালনা করা হয়। ফলে চুনের পানির $Ca(OH)_2$ এর সাথে ইথানোয়িক এসিডের বিক্রিয়ায় অণুদ্বায়ী ক্যালসিয়াম ইথানয়েট উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন মিথানল ও প্রোপানোন কোনো বিক্রিয়া করে না এবং বাষ্প আকারে বেরিয়ে আসে।

$$2CH_3 - COOH + Ca(OH)_2 \rightarrow \underset{\text{ক্যালসিয়াম ইথানয়েট}}{(CH_3 - COO)_2 Ca} + 2H_2O$$

উৎপন্ন ক্যালসিয়াম ইথানয়েট দ্রবণকে পৃথক করে 200 °C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে ভেজাল জৈব উপাদানগুলো অপসারিত হয় এবং ধূসর বর্ণের শুষ্ক ক্যালসিয়াম ইথানয়েট উৎপন্ন হয়। একে "গ্রেইথানয়েট অফ লাইম" বলা হয়। এ শুষ্ক ক্যালসিয়াম ইথানয়েটকে পরে H_2SO_4 সহযোগে পাতন করলে প্রায় 40% ঘনমাত্রা বিশিষ্ট ইথানোয়িক এসিড পাওয়া যায়।

$$(CH_3 - COO)_2 Ca + H_2SO_4 \longrightarrow 2CH_3 - COOH + CaSO_4$$

পরিশ্রাবণ করে অদ্রবণীয় $CaSO_4$ থেকে ইথানোয়িক এসিডকে পৃথক করা হয়।

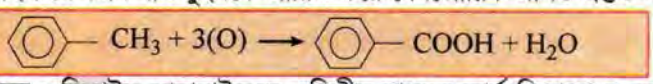
প্রাপ্ত ইথানোয়িক এসিড দ্রবণকে NaOH বা Na_2CO_3 দ্রবণ দ্বারা প্রশমিত করা হয়। অতঃপর একে উত্তপ্ত করে পানিকে বাষ্পীভূত করলে সোদক সোডিয়াম ইথানয়েট $CH_3 - COONa.3H_2O$ এর কেলাস পাওয়া যায়। একে পুনরায় উত্তপ্ত করলে অনার্দ্র সোডিয়াম ইথানয়েট উৎপন্ন হয়। অনার্দ্র সোডিয়াম ইথানয়েট ($CH_3 - COONa$) কে গাঢ় সালফিউরিক এসিড এর সাথে মিশিয়ে পতিত করলে অনার্দ্র ও প্রায় বিশুদ্ধ ইথানোয়িক এসিড পাওয়া যায়।

$$CH_3 - COOH + NaOH \longrightarrow CH_3 - COONa + H_2O$$
$$40\%(^{W}/_{V})$$
$$CH_3 - COONa + 3H_2O \rightarrow \underset{\text{(কেলাস)}}{CH_3 - COONa.3H_2O}$$
$$2CH_3 - COONa + H_2SO_4 \xrightarrow{\text{পাতন}} 2CH_3 - COOH + Na_1SO_4$$

অনার্দ্র ও বিশুদ্ধ ইথানোয়িক এসিডকে শীতল করলে এটি বরফের মতো সাদা কেলাস উৎপন্ন করে। বরফের মতো দেখায় বলে একে গ্লেসিয়াল ইথানোয়িক এসিড বলে।

অ্যারোমেটিক মনোকার্বক্সিলিক এসিড : সরলতম অ্যারোমেটিক মনোকার্বক্সিলিক এসিড হলো বেনজোয়িক এসিড।

(i) **মিথাইল বেনজিন থেকে :** জারক লঘু নাইট্রিক এসিড অথবা ডাইক্রোমেট ও সালফিউরিক এসিড অথবা ক্ষারীয় পারম্যাঙ্গানেট দ্বারা মিথাইল বেনজিন বা টলুইনকে জারিত করে বেনজোয়িক এসিড প্রস্তুত করা হয়।



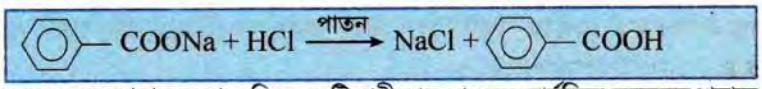
(ii) **ফিনাইল সায়ানাইড থেকে :** ফিনাইল সায়ানাইডকে এসিডীয় মাধ্যমে আর্দ্র বিশ্লেষণ করলে বেনজোয়িক এসিড উৎপন্ন হয়।



(iii) **ক্যানিজারো বিক্রিয়ার সাহায্যে :** বেনজালডিহাইডকে গাঢ় কস্টিক সোডার দ্রবণ সহযোগে উত্তপ্ত করলে সোডিয়াম বেনজোয়েট লবণ উৎপন্ন হয়।

$$2C_6H_5 - CHO + NaOH \xrightarrow[\text{তাপমাত্রায়}]{\text{কক্ষ}} C_6H_5 - COONa + C_6H_5 - CH_2OH$$

এ বিক্রিয়াটি ক্যানিজারো বিক্রিয়া নামে পরিচিত। উৎপন্ন সোডিয়াম বেনজোয়েটকে গাঢ় HCl দ্বারা পাতন করলে পাতিত হিসেবে বিশুদ্ধ বেনজোয়িক এসিড পাওয়া যায়।



কার্বক্সিল মূলক (– COOH) এর শনাক্তকরণ : নিচের দুটি পরীক্ষার মাধ্যমে কার্বক্সিল মূলককে শনাক্ত করা হয়ে থাকে :

(i) চুনের পানির পরীক্ষা :

পরীক্ষণ : একটি পরীক্ষানলে কঠিন $NaHCO_3$ অথবা Na_2CO_3 নিয়ে তাতে 4–5 ফোঁটা জৈব নমুনা যোগ করে উত্তপ্ত কর।

পর্যবেক্ষণ : বুদবুদ আকারে বর্ণহীন ও গন্ধহীন CO_2 গ্যাস নির্গত হয় যা চুনের পানিকে ঘোলা করে থাকে।

$$R - COOH + NaHCO_3 \xrightarrow{\text{তাপ}} R - COONa + H_2O + CO_2(g)$$
$$2R - COOH + Na_2CO_3 \rightarrow 2R - COONa + H_2O + CO_2$$
$$Ca(OH)_2(aq) + CO_2(g) \longrightarrow CaCO_3(s) + H_2O(l)$$

সিদ্ধান্ত : জৈব নমুনাটিতে – COOH মূলক উপস্থিত।

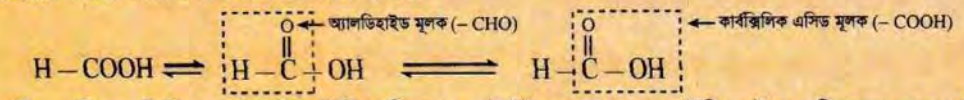
(ii) ফেনফথ্যালিন দ্রবণ পরীক্ষা :

পরীক্ষণ : একটি পরীক্ষানলে 3 – 4 ফোঁটা জৈব নমুনা নিয়ে তাতে 5 – 7 ফোঁটা পানি যোগ কর। এ দ্রবণে দুই ফোঁটা ফেনফথ্যালিন দ্রবণ যোগ কর। এখন এর মধ্যে 0·1 M NaOH দ্রবণকে ফোঁটায় ফোঁটায় যোগ কর।

পর্যবেক্ষণ : দ্রবণের বর্ণ স্থায়ীভাবে গোলাপি বর্ণ ধারণ করেছে।

সিদ্ধান্ত : জৈব নমুনাটিতে – COOH মূলক উপস্থিত।

মনে রাখবে ১ : অন্যসব কার্বক্সিলিক এসিড অপেক্ষা মিথানোয়িক এসিড (H – COOH) সম্পূর্ণ ভিন্ন ধর্ম প্রদর্শন করে। মিথানোয়িক এসিডের গঠনের –COOH মূলকের সাথে অ্যালকাইল মূলক (R) যুক্ত না থেকে H পরমাণু যুক্ত থাকে। এমন অণুতে –COOH মূলকের সাথে একটি অ্যালডিহাইড মূলক (–CHO) যুক্ত থাকে। – CHO মূলকটি অতি সহজেই জারিত হয় বলে মিথানোয়িক এসিড একটি শক্তিশালী বিজারক পদার্থ।



(i) মিথানোয়িক এসিড অতিরিক্ত অ্যামোনিয়া মিশ্রিত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যা ল্যাবরেটরিতে টলেন বিকারক নামে পরিচিত তাকে বিজারিত করে ধাতব সিলভারে পরিণত করে।

$$H - COOH + Ag_2O \rightarrow 2Ag + CO_2 + H_2O$$

অতিরিক্ত অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইডকে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণে যোগ করলে $[Ag(NH_3)_2]^+$ জটিল আয়ন গঠিত হয় এবং অস্থায়ী AgOH থেকে Ag_2O উৎপন্ন হয়। এজন্য দ্রবণে Ag_2O এর উপস্থিতি থাকে।

(ii) মিথানোয়িক এসিড ফেহলিং দ্রবণকে বিজারিত করে লাল বর্ণের কিউপ্রাস অক্সাইডের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে।

$$H - COOH + 2CuO \xrightarrow[\text{দ্রবণ}]{\text{ফেহলিং}} \underset{\text{(লাল বর্ণের অধঃক্ষেপ)}}{Cu_2O\downarrow} + CO_2 + H_2O$$

(iii) মিথানোয়িক এসিড মারকিউরাস ক্লোরাইডকে বিজারিত করে মারকিউরিক ক্লোরাইডের সাদা অধঃক্ষেপ সৃষ্টি করে। অতিরিক্ত মিথানোয়িক এসিডসহযোগে দ্রবণকে উত্তপ্ত করলে ধূসর বর্ণের মারকারি অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$2HgCl_2 + H - COOH \longrightarrow \underset{\text{সাদা অধঃক্ষেপ}}{Hg_2Cl_2\downarrow} + 2HCl + CO_2$$

$$Hg_2Cl_2 + 2H - COOH \xrightarrow{\text{তাপ}} 2Hg + CO_2 + CO + 2HCl + H_2O$$

মিথানোয়িক এসিড ভিন্ন অন্য কোনো কার্বক্সিলিক এসিড অণুতে —CHO মূলকের উপস্থিতি না থাকায় অন্য কার্বক্সিলিক এসিডগুলো এ ধরনের বিজারণ ধর্ম প্রদর্শন করে না।

মনে রাখবে ২ : $NaHCO_3$ ও Na_2CO_3 লবণ দুটি কার্বনিক এসিড (H_2CO_3) এর মনোসোডিয়াম ও ডাইসোডিয়াম লবণ। কার্বোক্সিলিক এসিডসমূহ H_2CO_3 অপেক্ষা অনেক বেশি তীব্র বা শক্তিশালী এসিড। দুর্বল এসিডের লবণ $NaHCO_3$বা Na_2CO_3 এর সাথে তীব্র এসিড কার্বোক্সিলিক এসিড অতিসহজে বিক্রিয়া করে অস্থায়ী H_2CO_3 উৎপন্ন করে। উৎপন্ন H_2CO_3 বিয়োজিত হয়ে CO_2 গ্যাস উৎপন্ন করে।

$R - COOH + NaHCO_3 \longrightarrow R - COONa + H_2CO_3 \longrightarrow R - COONa + H_2O + CO_2$

$2R - COOH + Na_2CO_3 \longrightarrow 2R - COONa + H_2CO_3 \longrightarrow 2R - COONa + H_2O + CO_2$

মনে রাখবে ৩ : কোনো কার্বক্সিলিক এসিড ($R - COOH$) এর শক্তি পরিমাপের ক্ষেত্রে জলীয় দ্রবণে এসিডের বিয়োজিত হওয়ার ক্ষমতাকে ধরা হয়। কোনো কার্বোক্সিলিক এসিডের প্রোটন ত্যাগের প্রবণতা যত বেশি, ঐ এসিড জলীয় দ্রবণে বিয়োজিত হয়ে তত অধিক সংখ্যক H^+ আয়ন তথা H_3O^+ আয়ন উৎপন্ন করবে। এসিডের শক্তি তত অধিক হয়।

জলীয় দ্রবণে কোনো কার্বক্সিলিক এসিড বিয়োজিত হয়ে নিম্নরূপ সাম্যাবস্থা সৃষ্টি করে :

$R - COOH + H_2O \rightleftharpoons R - COO^- + H_3O^+$

$\therefore$ এসিডের বিয়োজন ধ্রুবক, $K_a = \frac{[R - COO^-] \times [H_3O^+]}{[R - COOH]}$

এসিডের বিয়োজন ধ্রুব (K_a) এর মান যত বড় হয়, এসিড তত বেশি শক্তিশালী হয়।

তাহলে বলো– $H - COOH$, $CH_3 - COOH$, $CH_3 - CH_2 - COOH$, $C_6H_5 - COOH$ এর বিয়োজন ধ্রুব K_a এর মান যথাক্রমে 1.77×10^{-4}, 1.8×10^{-5}, 1.3×10^{-5}, 6.3×10^{-5} হলে কোনটি বেশি শক্তিশালী এসিড।

চিন্তা করে উত্তর দাও – ২.৩৫ :
ইথিন গ্যাসকে CO গ্যাস ও উত্তপ্ত জলীয় বাষ্পসহযোগে 400°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে $CH_3 - CH_2 - COOH$ উৎপন্ন হলেও প্রোপিন ($CH_3 - CH = CH_2$) কে একই ব্যবস্থা করলে 2– মিথাইল প্রোপানোয়িক এসিড উৎপন্ন হয়। এর কারণ কী?

২.১২.১১ | এস্টার (Easters)

কার্বক্সিলিক এসিডের কার্বক্সিল মূলক –CO–OH এর –OH মূলকটি অ্যালকক্সি (–O–R) বা অ্যারাইলক্সি ($-OC_6H_5$) দ্বারা প্রতিস্থাপিত হলে যে যৌগ গঠিত হয় তাকে এস্টার বলে। এস্টারের কার্যকরী মূলক –CO–O–R।

সাধারণ প্রস্তুতি (General methods of preparation) : নিম্নলিখিত বিভিন্ন সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে এস্টার প্রস্তুত করা হয়ে থাকে।

১. **কার্বক্সিলিক এসিড ও অ্যালকোহলের বিক্রিয়ায় :** গাঢ় H_2SO_4 অথবা শুষ্ক HCl গ্যাসের উপস্থিতিতে কার্বক্সিলিক এসিড ও অ্যালকোহলের 1 ঃ 1 অনুপাতের মিশ্রণকে উত্তপ্ত করলে এস্টার উৎপন্ন হয়।

$$R-CO-OH + H-O-R' \xrightarrow[\text{তাপ}]{\text{গাঢ় } H_2SO_4/HCl \text{ গ্যাস}} R-CO-O-R' + H_2O$$

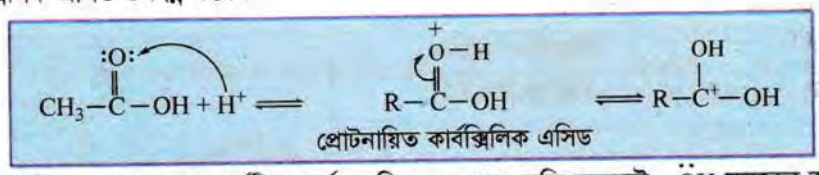
$$CH_3-CO-OH + H-O-CH_2-CH_3 \xrightarrow[\text{তাপ}]{\text{গাঢ় } H_2SO_4/HCl \text{ গ্যাস}} CH_3-CO-O-C_2H_5 + H_2O$$
(ইথাইল ইথানোয়েট)

মনে রাখবে : এস্টারিকরণ বিক্রিয়াতে কার্বোক্সিলিক এসিডের – OH ও অ্যালকোহল অণুর – H যুক্ত হয়ে পানি উৎপন্ন করে এবং কার্বোক্সিলিক এসিডের R – CO – গ্রুপ ও অ্যালকোহলের R – O – গ্রুপ যুক্ত হয়ে এস্টার উৎপন্ন করে। উপরন্তু অ্যালকোহল ও এসিডে ভারী গ্রুপ উপস্থিত থাকলে এস্টারিফিকেশন বিক্রিয়ার হার কমে যায়। ভারী গ্রুপের ক্ষেত্রে স্টেরিক বাধা বিক্রিয়ার হারকে কমিয়ে দেয়।

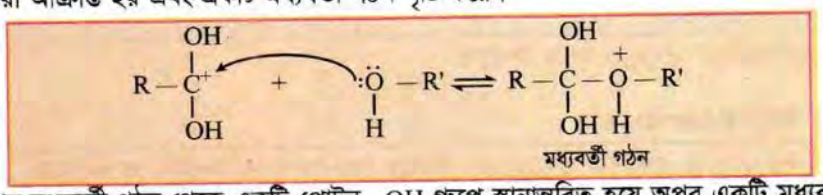
* এস্টারিকরণ বিক্রিয়াতে গাঢ় H_2SO_4 প্রোটন দাতা গ্রুপ (protonating agent) ও নিরুদক উভয় হিসেবে কাজ করে। বিক্রিয়াটি উভমুখী। উৎপন্ন পানিকে নিরুদকের সাহায্যে অপসারিত করে বিক্রিয়াটিকে একমুখী করা হয়।

কার্বক্সিলিক এসিডের এস্টারিফিকেশন বিক্রিয়ার কৌশল : কার্বক্সিলিক এসিডের সাথে অ্যালকোহলের এস্টারিফিকেশন বিক্রিয়া এক ধরনের নিউক্লিওফিলিক অ্যাসাইল প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (Nucleophilic acyl substitution reaction)। এ জাতীয় এস্টারিফিকেশন বিক্রিয়ার কৌশল নিম্নলিখিত পাঁচটি ধাপে সম্পন্ন হয়।

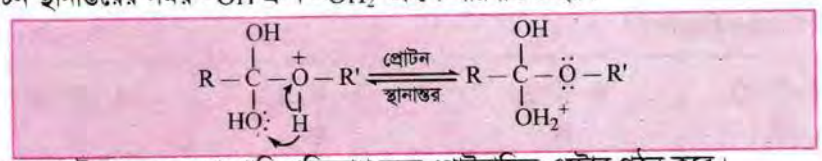
প্রথম ধাপ : প্রোটনিক এসিড থেকে একটি প্রোটন কার্বক্সিলিক এসিডের কার্বনিল মূলকের অক্সিজেনকে আক্রমণ করে প্রোটনায়িত কার্বক্সিলিক এসিড উৎপন্ন করে।



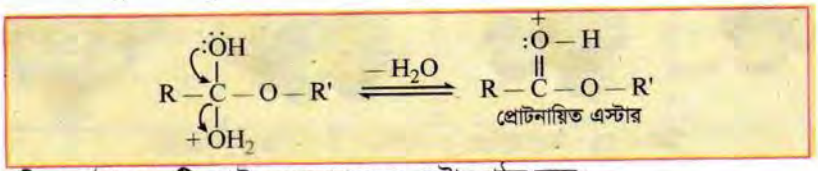
দ্বিতীয় ধাপ : প্রোটনায়িত হওয়ার ফলে কার্বনিল কার্বন সক্রিয় হয় এবং অতি সহজেই $-\ddot{O}H$ মূলকের অক্সিজেনের নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় দ্বারা আক্রান্ত হয় এবং একটি মধ্যবর্তী গঠন সৃষ্টি করে।



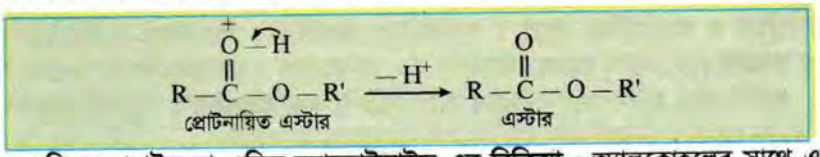
তৃতীয় ধাপ : উৎপন্ন মধ্যবর্তী গঠন থেকে একটি প্রোটন –OH গ্রুপে স্থানান্তরিত হয়ে অপর একটি মধ্যবর্তী গঠন কাঠামো সৃষ্টি করে। এ প্রোটন স্থানান্তরের সময় –OH গ্রুপ $-OH_2^+$ গ্রুপে পরিবর্তিত হয়।



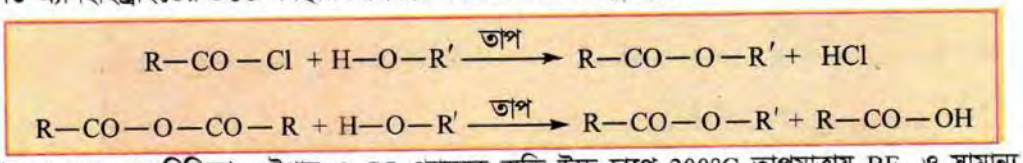
চতুর্থ ধাপ : তৃতীয় ধাপে উৎপন্ন এক অণু পানি পরিত্যাগ করে প্রোটনায়িত এস্টার গঠন করে।



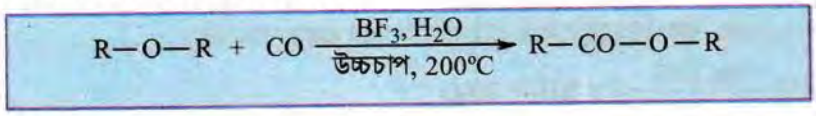
পঞ্চম ধাপ : প্রোটনায়িত এস্টার একটি প্রোটনকে ত্যাগ করে এস্টার গঠন করে।



২. **অ্যালকোহল ও এসিড ক্লোরাইড বা এসিড অ্যানহাইড্রাইড এর বিক্রিয়া :** অ্যালকোহলের সাথে এসিড ক্লোরাইড বা এসিড অ্যানহাইড্রাইডের উত্তপ্ত অবস্থায় বিক্রিয়ার ফলে এস্টার উৎপন্ন হয়।



৩. **ইথার ও CO এর বিক্রিয়া :** ইথার ও CO গ্যাসকে অতি উচ্চ চাপে 200°C তাপমাত্রায় BF_3 ও সামান্য পানির উপস্থিতিতে বিক্রিয়া ঘটিয়ে এস্টার প্রস্তুত করা হয়।



এস্টার (–COOR) মূলকের শনাক্তকরণ :

হাইড্রক্সামিড এসিড পরীক্ষা : একটি পরীক্ষানলে কিছু পরিমাণ জৈব নমুনা নিয়ে তা 0.1 g পরিমাণ হাইড্রক্সিল অ্যামিন হাইড্রোক্লোরাইড ও এক মি.লি. 10% NaOH দ্রবণ যোগ করে দুই মিনিট উত্তপ্ত করে দ্রবণকে শীতল করে লঘু HCl দ্বারা অম্লীয় করে 2-3 ফোঁটা $FeCl_3$ দ্রবণ যোগ কর।

পর্যবেক্ষণ : উজ্জ্বল লাল বাদামি বর্ণ উৎপন্ন হয়।

$$R-CO-O-R + NaOH \xrightarrow[\text{হাইড্রোক্লোরাইড}]{\text{হাইড্রক্সিল অ্যামিন}} R-CO-NHOH \rightleftharpoons R-C(OH)=NOH$$

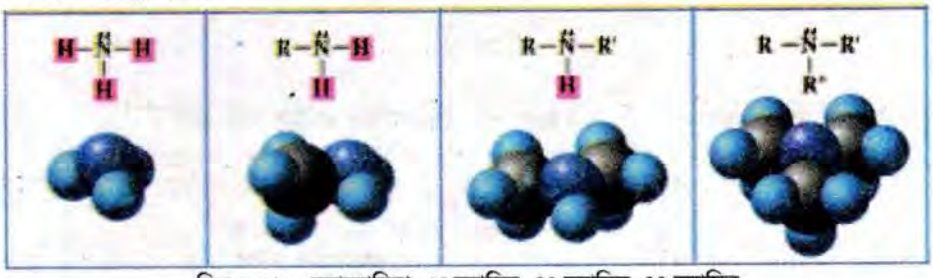
$$3R-CO-NHOH + FeCl_3 \longrightarrow \left[R-C\begin{matrix}=O\\ \\ -O\end{matrix}\!\!\begin{matrix}\rightarrow\\ \\ \\ \end{matrix}\!\!\begin{matrix}O\\ \\ \\ \end{matrix}\right]_3 Fe + 3HCl$$

(N–H)

সিদ্ধান্ত : পরীক্ষাধীন যৌগটিতে –COOR মূলক উপস্থিত।

২.১২.১২ | অ্যামিন (Amines)

অ্যামোনিয়া (NH_3) এর এক বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণু সমসংখ্যক অ্যালকাইল বা অ্যারাইল মূলক অথবা উভয় মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হলে যে যৌগের উদ্ভব ঘটে তাদেরকে অ্যামিন বলা হয়ে থাকে। যেমন : অ্যালকাইল অ্যামিন ($R-NH_2$), অ্যারাইল অ্যামিন বা ফিনাইল অ্যামিন ($Ar-NH_2$), ডাইমিথাইল অ্যামিন ($CH_3-NH-CH_3$), মিথাইল ফিনাইল অ্যামিন ($Ar-NH-CH_3$) ইত্যাদি।



চিত্র ২.২৯ : অ্যামোনিয়া, 1° অ্যামিন, 2° অ্যামিন, 3° অ্যামিন

সাধারণ প্রস্তুতি (General Methods of Preparations) :

১. **অ্যালকাইল হ্যালাইড ও অ্যামোনিয়া থেকে :** অ্যালকাইল হ্যালাইডকে অ্যালকোহলে দ্রবীভূত করে দ্রবণের মধ্যে উচ্চচাপে উত্তপ্ত অবস্থায় NH_3 গ্যাস চালনা করলে 1°, 2°, 3° অ্যামিন ও কোয়ারটারনারি লবণের মিশ্রণ পাওয়া যায়। এক্ষেত্রে উৎপন্ন অ্যামিনসমূহ হ্যালোজেন এসিডের সাথে বিক্রিয়া করে অ্যালকাইল অ্যামোনিয়াম লবণ গঠন করে।

$$R-X + NH_3 \longrightarrow R-NH_2 + HX \longrightarrow R-\overset{+}{N}H_3X^-$$
$$R-NH_2 + R-X \longrightarrow R_2NH + HX \longrightarrow R_2\overset{+}{N}H_2X^-$$
$$R_2NH + R-X \longrightarrow R_3N + HX \longrightarrow R_3\overset{+}{N}HX^-$$
$$R_3N + RX \longrightarrow R_4\overset{+}{N}X^-$$

উৎপন্ন অ্যামিনসমূহের মিশ্রণে KOH দ্রবণ যোগ করে আংশিক পাতন করলে পৃথক পৃথকভাবে 1°, 2°, 3° অ্যামিন পাওয়া যায়।

২. **নাইট্রোঅ্যালকেন থেকে :** নাইট্রোঅ্যালকেনকে টিন ও হাইড্রোক্লোরিক এসিড অথবা নিকেল প্রভাবকের উপস্থিতিতে H_2 গ্যাস অথবা $LiAlH_4$ দ্বারা বিজারিত করে প্রাইমারি অ্যামিন প্রস্তুত করা যায়।

$$R-NO_2 + 6[H] \xrightarrow{Sn,\ HCl} R-NH_2 + 2H_2O$$

৩. **হফম্যান পদ্ধতিতে :** অ্যালকাইল অ্যামাইডকে ব্রোমিন ও কস্টিক পটাস দ্রবণ দ্বারা উত্তপ্ত করলে অ্যালকাইল অ্যামিন উৎপন্ন হয়।

$$R-CO-NH_2 + Br_2 + 4KOH \xrightarrow{70^\circ C} R-NH_2 + 2KBr + K_2CO_3 + 2H_2O$$

$$CH_3-CO-NH_2 + Br_2 + 4KOH \xrightarrow{70^\circ C} CH_3-NH_2 + 2KBr + K_2CO_3 + 2H_2O$$

এক্ষেত্রে উৎপন্ন অ্যামিনের অণুতে মূল অ্যালকাইল অ্যামাইডের চেয়ে একটি কার্বন পরমাণু কমে যায়। এ কারণে এ বিক্রিয়াটিকে আবিষ্কারকের নামানুসারে হফম্যান ক্ষুদ্রাংশকরণ বিক্রিয়া বলা হয়ে থাকে।

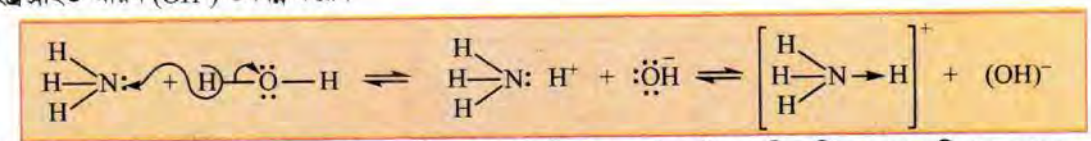
৪. **অ্যালকোহল থেকে :** উচ্চচাপে, 350 – 400 °C তাপমাত্রায় প্রভাবক Al_2O_3 এর উপস্থিতিতে 1°-অ্যালকোহল ও NH_3 এর মধ্যে বিক্রিয়া ঘটিয়ে 1°, 2° ও 3° অ্যামিনের মিশ্রণ পাওয়া যায়।

$$R-OH + NH_3 \xrightarrow[350-400\,^\circ C]{Al_2O_3} R-NH_2 + H_2O;\ R-NH_2 + R-OH \xrightarrow{\text{উচ্চচাপ}} R_2NH + H_2O$$

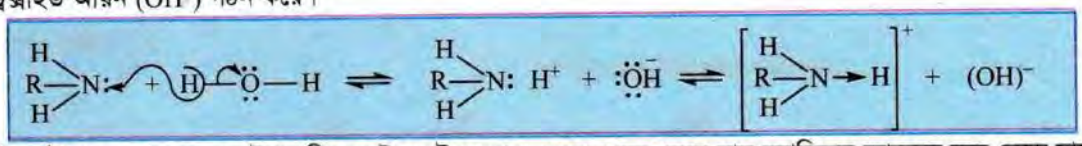
$$R_2NH + R-OH \longrightarrow R_3N + H_2O$$

উৎপন্ন অ্যামিনসমূহের মিশ্রণে KOH দ্রবণ যোগ করে আংশিক পাতন করলে পৃথক পৃথকভাবে 1°, 2° ও 3° অ্যামিন পাওয়া যায়।

অ্যামিনের ক্ষারকত্ব (Basicity of Amines) : অ্যামোনিয়া (NH_3) এর কেন্দ্রীয় পরমাণু N এর sp^3 সংকরায়ন ঘটে। N পরমাণুর sp^3 সংকরিত অরবিটালের একটি জোড় ও তিনটি বিজোড় ইলেকট্রন বর্তমান। এ জোড় ইলেকট্রন নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় হিসেবে আত্মপ্রকাশ করে। একইভাবে অ্যামিনের নাইট্রোজেন পরমাণুতেও sp^3 সংকরায়ন ঘটে এবং N পরমাণুতে একটি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় বর্তমান থাকে। N পরমাণুতে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড়ের উপস্থিতির কারণে এদের ক্ষারধর্মীতার সৃষ্টি হয়। NH_3 গ্যাসকে পানিতে চালনা করলে উহা পানিতে দ্রবীভূত হয়ে অ্যামোনিয়াম (NH_4^+) ও হাইড্রক্সাইড আয়ন (OH^-) উৎপন্ন করে।



একইভাবে অ্যামিনসমূহ (1°, 2° ও 3°) পানির সংস্পর্শে এসে অ্যালকাইল প্রতিস্থাপিত অ্যামোনিয়াম আয়ন এবং হাইড্রক্সাইড আয়ন (OH^-) গঠন করে।

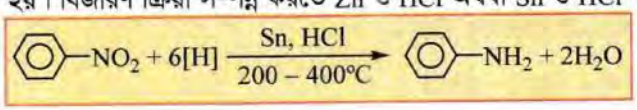


অ্যামিন যৌগের ক্ষেত্রে N এর উপর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড়ের ঘনত্ব যত বেড়ে যায় অ্যামিনের ক্ষারকত্ব তত বেড়ে যায়। অ্যালকাইল গ্রুপ (– R) ইলেকট্রন দাতা গ্রুপ। এজন্য 1°-অ্যামিন NH_3 অপেক্ষা অধিক ক্ষারধর্মী হয়। একই কারণে 2°-অ্যামিন 1°-অ্যামিন অপেক্ষা আরও অধিক ক্ষারধর্মী এবং 3°-অ্যামিন 2°-অ্যামিন অপেক্ষা অধিক ক্ষারধর্মী হয়। অর্থাৎ ক্ষারকত্বের দিক থেকে 1.7×10^{-4}, $(CH_3)_2NH$ এর K_b এর মান 5.4×10^{-4} এবং $(CH_3)_3\ddot{N}$ এর K_b এর মান 8.7×10^{-4}। $C_6H_5 - \ddot{N}H_2$ এর K_b এর মান 4.2×10^{-10}। K_b এর মান যত বড় ক্ষার ততো তীব্র হয়।

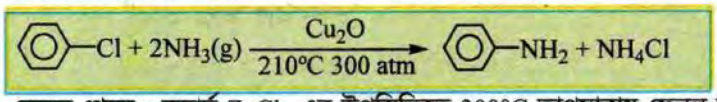
$$\underset{\text{অ্যামোনিয়া}}{\ddot{N}H_3} < \underset{\text{1°-অ্যামিন}}{R-\ddot{N}H_2} < \underset{\text{2°-অ্যামিন}}{R_2\ddot{N}H} < \underset{\text{3°-অ্যামিন}}{R_3\ddot{N}}$$

অ্যারোমেটিক অ্যামিনের প্রস্তুতি :

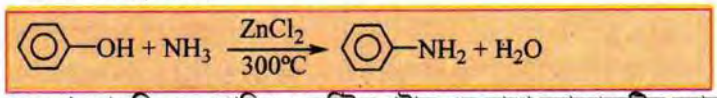
১. **অ্যারোমেটিক নাইট্রো যৌগের বিজারণ :** নাইট্রোবেনজিনকে বিজারিত করে ফিনাইল অ্যামিন বা অ্যানিলিন প্রস্তুত করা হয়। বিজারণ ক্রিয়া সম্পন্ন করতে Zn ও HCl অথবা Sn ও HCl ব্যবহার করা হয়।



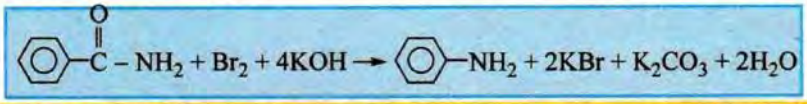
২. **অ্যারাইল হ্যালাইড থেকে :** উচ্চ তাপমাত্রায় (প্রায় 210°C) ও 300 atm চাপে প্রভাবক Cu_2O এর উপস্থিতিতে অ্যারাইল হ্যালাইড অ্যামোনিয়ার সাথে বিক্রিয়া করে অ্যারাইল অ্যামিন উৎপন্ন করে।



৩. **ফেনল থেকে :** অনার্দ্র $ZnCl_2$ এর উপস্থিতিতে 300°C তাপমাত্রায় ফেনল অ্যামোনিয়ার সাথে বিক্রিয়া করে ফিনাইল অ্যামিন উৎপন্ন করে।

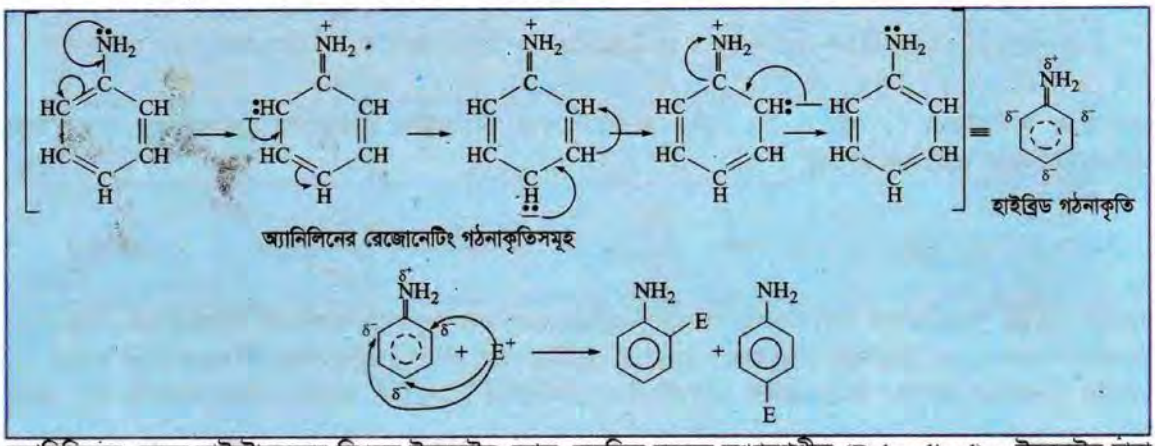


৪. **হফম্যান পদ্ধতিতে :** ব্রোমিন ও কস্টিক পটাস এর সাথে অ্যারোমেটিক অ্যামাইডকে উত্তপ্ত করলে অ্যামিন উৎপন্ন হয়।



মনে রাখবে : বিশুদ্ধ অ্যানিলিন বর্ণহীন তরল। এর স্ফুটনাঙ্ক 183°C। সদ্যপাতিত অ্যানিলিন বর্ণহীন তরল হলেও বাতাসে খোলা অবস্থায় রাখলে এটি বাদামী বর্ণের তরলে পরিণত হয়। উন্মুক্ত বায়ুতে অ্যানিলিন সহজেই জারিত হয়। সেজন্য বর্ণহীন বিশুদ্ধ অ্যানিলিন বায়ুতে এসেই বাদামী বর্ণের তরলে পরিণত হয়। রঙিন অ্যানিলিনকে স্টিম পাতন করলে এটি পাতিত হয়ে বিশুদ্ধ বর্ণহীন তরল হিসেবে পাতিত হয়।

ফিনাইল অ্যামিন বা অ্যানিলিন ($C_6H_5 - \ddot{N}H_2$) এর $-\ddot{N}H_2$ গ্রুপের নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় রেজোনেন্স প্রক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে এবং অর্থো-প্যারা অবস্থানের ইলেকট্রনের ঘনত্ব বৃদ্ধি ঘটায়। এ কারণে দ্বিতীয় ইলেকট্রোফিলিক গ্রুপের প্রতিস্থাপনে $-\ddot{N}H_2$ গ্রুপ অর্থো ও প্যারা নির্দেশক মুখ্য ভূমিকা পালন করে থাকে।



অ্যানিলিনের ক্ষেত্রে নাইট্রোজেনের নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় বেনজিন চক্রের সঞ্চারণশীল (Delocalised) π-ইলেকট্রন দ্বারা সঞ্চালিত হয়। এ কারণে ইলেকট্রনের চার্জ ঘনত্ব N-পরমাণুতে কমে যায় এবং K_b এর মানের হ্রাস ঘটে। অ্যানিলিন অণুর $K_b = 4.2 \times 10^{-10}$ হওয়ায় এটি $\ddot{N}H_3$ অপেক্ষাও দুর্বল ক্ষার।

অ্যামিনের শনাক্তকরণ :

১. **কার্বিল অ্যামিন পরীক্ষা :**

পরীক্ষণ : পরীক্ষানলে জৈব নমুনা নিয়ে তার মধ্যে ক্লোরোফরম ও অ্যালকোহলীয় কস্টিক পটাস দ্রবণ যোগ করে 70°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত কর।

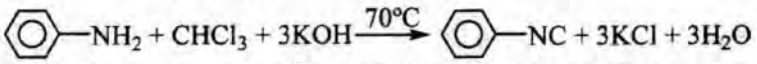
পর্যবেক্ষণ : আইসোসায়ানাইড বা কার্বিল অ্যামিন এর বিশ্রী গন্ধ পাবে।

$$R - NH_2 + CHCl_3 + 3KOH \xrightarrow{70°C} RNC + 3KCl + 3H_2O$$

সিদ্ধান্ত : জৈব নমুনাটি প্রাইমারি অ্যামিন।

সেকেন্ডারি ও টারশিয়ারি অ্যামিন এ পরীক্ষা প্রদর্শন করে না।

অ্যানিলিনকে ক্লোরোফর্ম ও অ্যালকোহলীয় কস্টিক পটাস সহযোগ 70°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে ফিনাইল কার্বিল অ্যামিন বা ফিনাইল আইসোসায়ানাইড উৎপন্ন হয়। এর বিশ্রী গন্ধ আছে।



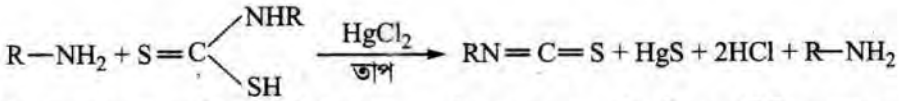
এ পরীক্ষার মাধ্যমে অ্যারোমেটিক প্রাইমারী অ্যামিনকে শনাক্তকরণ করা হয়।

২. **কার্বন ডাইসালফাইড (CS_2) পরীক্ষা :**

পরীক্ষণ : পরীক্ষানলে জৈব নমুনা নিয়ে তাতে CS_2 যোগ করে উত্তপ্ত কর। অতঃপর তাতে $HgCl_2$ যোগ করে পুনরায় উত্তপ্ত কর।

পর্যবেক্ষণ : আইসোথায়োসায়ানেটের ঝাঁঝালো গন্ধ নির্গত হয়।

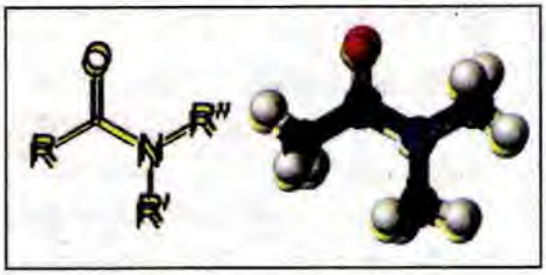




সিদ্ধান্ত : জৈব নমুনাটি প্রাইমারি অ্যামিন। (এটি হফম্যানের মাস্টার্ড অয়েল বিক্রিয়া নামে পরিচিত)

২.১২.১৩ অ্যামাইড (Amide)

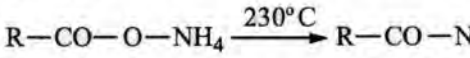
কার্বক্সিলিক এসিডের $-CO-OH$ মূলকের $-OH$ মূলককে $-NH_2$ মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত করলে যে যৌগ পাওয়া যায় তাকে অ্যামাইড বা এসিড অ্যামাইড বলে। এসিড অ্যামাইডের কার্যকরী মূলক, $-CO-NH_2$.

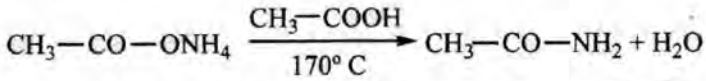


চিত্র ২.৩০ : অ্যামাইড কাঠামো

সাধারণ প্রস্তুতি :

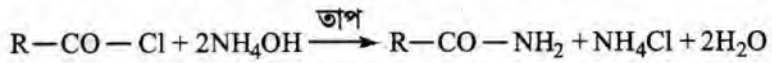
১. জৈব এসিডের অ্যামোনিয়াম লবণকে উত্তপ্ত করলে প্রতি অণু লবণ থেকে এক অণু পানি অপসারণের মাধ্যমে এসিড অ্যামাইড প্রস্তুত হয়।

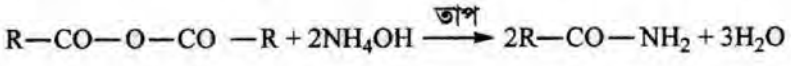


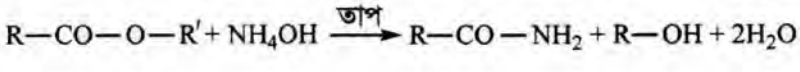


মুক্ত CH_3–COOH এর উপস্থিতিতে বিক্রিয়ায় গতিবেগের বৃদ্ধি ঘটে এবং অপেক্ষাকৃত কম তাপমাত্রায় বিক্রিয়াটি সম্পন্ন হয়।

২. **ফ্যাটি এসিডের জাতকের সাথে NH_3 এর বিক্রিয়ায় :** ফ্যাটি এসিডের জাতক যেমন– এসিড ক্লোরাইড, অ্যানহাইড্রাইড ও এস্টারকে গাঢ় NH_3 দ্রবণের সাথে উত্তপ্ত করলে অ্যামাইড যৌগ উৎপন্ন হয়।







৩. **অ্যালকাইল সায়ানাইড থেকে :** অ্যালকাইল সায়ানাইডকে আংশিকভাবে আর্দ্র বিশ্লেষণ করলে এসিড অ্যামাইড উৎপন্ন হয়।

$$R-C\equiv N + H_2O \xrightarrow{[H^+]} R-CO-NH_2$$

৪. কার্বক্সিলিক এসিড ও ইউরিয়ার মিশ্রণকে উত্তপ্ত করলে অ্যামাইড উৎপন্ন হয়।

$$R-COOH + CO(NH_2)_2 \xrightarrow{\text{তাপ}} R-CO-NH_2 + NH_3 + CO_2$$

অ্যামাইডের শনাক্তকরণ :

১. **NH_3 গ্যাসের পরীক্ষা :** একটি পরীক্ষানলে জৈব নমুনা নিয়ে তাতে সমপরিমাণ 10% NaOH দ্রবণ নিয়ে উত্তপ্ত কর।
পর্যবেক্ষণ : ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত NH_3 গ্যাস নির্গত হয় যা HCl এসিড সিক্ত কাচ দণ্ডের উপর সাদা ধোঁয়ার সৃষ্টি করে থাকে।

$$R-CONH_2 + NaOH \xrightarrow{\text{তাপ}} R-COONa + NH_3(g); \qquad NH_3(g) + HCl(aq) \longrightarrow NH_4Cl$$

সিদ্ধান্ত : জৈব নমুনাতে $-CONH_2$ মূলক উপস্থিত।

২. **HgO পরীক্ষা :** পরীক্ষানলে জৈব নমুনায় জলীয় দ্রবণ নিয়ে তাতে হলুদ বর্ণের HgO যোগ করে সামান্য উত্তপ্ত কর।
পর্যবেক্ষণ : HgO দ্রবীভূত হয় এবং দ্রবণ বর্ণহীন হয়।

$$2R-CONH_2 + HgO \xrightarrow{\text{তাপ}} (R-CONH)_2Hg + H_2O$$

সিদ্ধান্ত : জৈব নমুনাতে $-CONH_2$ মূলক উপস্থিত।

মনে রাখবে : অ্যামাইড $(R-CO-\ddot{N}H_2)$ শ্রেণির যৌগগুলোর ক্ষেত্রে $-\ddot{N}H_2$ গ্রুপের N-পরমাণুর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় কার্বনিল মূলকের সাথে রেজন্যান্সে অংশ গ্রহণ করে। ফলে N-পরমাণুর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় প্রোটন (H^+) এর সাথে যুক্ত হওয়ার প্রবণতা যথেষ্ট কমে যায়। $R-CO-\ddot{N}H_2 \rightleftharpoons R-CO^- = \overset{+}{N}H_2$ এ কারণে অ্যামাইড যৌগের মধ্যে ক্ষারধর্মিতা প্রায় অনুপস্থিত।

চিন্তা করে উত্তর দাও – ২.৩৭ :

১. প্রাইমারি অ্যামিন $(R-NH_2)$ ও অ্যালকাইল অ্যামাইড $(R-CO-NH_2)$ এর মধ্যে কোনটি অধিক ক্ষারধর্মী?
২. ফিনাইল অ্যামিন $(C_6H_5-\ddot{N}H_2)$ এর ক্ষারকত্ব $\ddot{N}H_3$ অপেক্ষা কম কেন?
৩. অ্যামোনিয়া (NH_3) একটি ক্ষারধর্মী যৌগ। অ্যামোনিয়া ও প্রাইমারি অ্যামিন $(R-NH_2)$ এর মধ্যে কোনটি অধিক ক্ষারধর্মী?
৪. মিথাইল অ্যামিন $(CH_3-\ddot{N}H_2)$ ক্ষারধর্মী যৌগ। এর ক্ষারকত্ব $\ddot{N}H_3$ অপেক্ষাও অধিক কেন?
৫. NH_3, $R-NH_2$, $Ar-NH_2$, $R-CO-NH_2$ এর ক্ষারকত্বের উচ্চ হতে নিম্নক্রম অনুসারে সাজাও।
৬. $CH_3-CO-NH_2$ অপেক্ষা $CH_3-CH_2-NH_2$ অধিক ক্ষারধর্মী কেন?

দলগতভাবে কর – ২.৩৮.১ :

১. C, H ও O সমন্বয়ে একটি জৈব যৌগ পানিতে এর দ্রাব্যতা গুণ বর্তমান। এটি $NaHCO_3$ থেকে CO_2 মুক্ত করে এবং এসিডিয় $KMnO_4$, টলেন বিকারক ও ফেহলিং দ্রবণকে বিজারিত করে থাকে। প্রয়োজনীয় সমীকরণসহ উদ্দীপকের যৌগটিকে শনাক্ত কর। যৌগটি অ্যালডিহাইড, কিটোন ও কার্বক্সিলিক এসিড এর মধ্যে কোন দুটি সমগোত্রীয় শ্রেণির যৌগ নয় তার কারণ ব্যাখ্যা কর।
২. A ও B দুটি জৈব যৌগের একই স্থূল সংকেত CH_2O এবং বাষ্প ঘনত্ব যথাক্রমে 15 ও 30. A টলেন বিকারককে ও ফেহলিং দ্রবণকে বিজারিত করে কিন্তু $NaHCO_3$ থেকে CO_2 মুক্ত করে না। B টলেন বিকারককে বিজারিত করে না কিন্তু $NaHCO_3$ থেকে CO_2 মুক্ত করে। A ও B কে শনাক্ত কর এবং সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়া দেখাও।
৩. একটি জৈব যৌগ A, অ্যামোনিয়ার সাথে বিক্রিয়া করে যৌগ B উৎপন্ন করে। B কে উত্তপ্ত করলে C উৎপন্ন হয়। C যৌগটিকে Br_2 এ কস্টিক পটাস সহযোগে উত্তপ্ত করলে CH_5N আণবিক সংকেত বিশিষ্ট D যৌগটি উৎপন্ন হয়। সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়াসহ A, B, C ও D চিহ্নিত কর।

দলগতভাবে কর (উচ্চতর দক্ষতা স্তর) ২.৩৮.২ : উল্লিখিত পরিবর্তনগুলো প্রয়োজনীয় সমীকরণসহ সম্পন্ন কর :
১. ইথিন থেকে বিউটেন, ২. ইথেন থেকে বিউটেন, ৩. প্রোপিন থেকে হেক্সেন, ৪. প্রোপিন থেকে 2, 3- ডাইমিথাইলবিউটেন, ৫. মিথেন থেকে প্রোপেন, ৬. ইথেন থেকে মিথেন, ৭. মিথেন থেকে বিউট-2-আইন, ৮. ইথিন থেকে ইথাইন, ৯. ইথিন থেকে ইথানল, ১০. ইথাইন থেকে ইথানল, ১১. ইথাইন থেকে ইথানোয়িক এসিড, ১২. প্রোপিন থেকে প্রোপান-1-অল, ১৩. মিথানল থেকে প্রোপান-1-অল, ১৪. ইথাইন থেকে প্রোপাইন, ১৫. প্রোপিন থেকে প্রোপান-2-অল, ১৬. মিথানল থেকে প্রোপান-2-অল, ১৭. মিথানল থেকে প্রোপানোন, ১৮. মিথানল থেকে ইথানল, ১৯. ইথানল থেকে মিথানল, ২০. ইথানল থেকে ইথেন-1, 2-ডাইঅল, ২১. প্রোপান-1-অল থেকে প্রোপান-2-অল, ২২. প্রোপান-2-অল থেকে 2-মিথাইল প্রোপান-2-অল, ২৩. ইথানল থেকে 1, 1-ডাইক্লোরো ইথেন, ২৪. প্রোপান-2-অল থেকে প্রোপান-1-অল, ২৫. ইথানল থেকে ভিনাইল অ্যাসিটেট, ২৬. ইথানল থেকে প্রোপানোন, ২৭. মিথান্যাল থেকে ইথান্যাল, ২৮. ইথান্যাল থেকে প্রোপানোন, ২৯. প্রোপানোন থেকে প্রোপিন, ৩০. প্রোপান্যাল থেকে ইথানঅ্যামাইড, ৩১. প্রোপানোন থেকে ইথানামাইড, ৩২. ইথান্যাল থেকে বিউট-2-ইন্যাল, ৩৩. ইথান্যাল থেকে 2-হাইড্রোক্সিপ্রোপানোয়িক এসিড, ৩৪. ইথান্যাল থেকে মিথেন, ৩৫. ইথাইন থেকে প্রোপানোন, ৩৬. প্রোপানোয়িক এসিড থেকে প্রোপান-2-অল, ৩৭. প্রোপানোয়িক এসিড থেকে ল্যাকটিক এসিড, ৩৮. ইথানোয়িক এসিড থেকে মিথাইল অ্যামিন, ৩৯. ইথানোয়িক এসিড থেকে বিউটেন, ৪০. ইথানোয়িক এসিড থেকে প্রোপ-1-অ্যামিন

২.১৩ ব্যবহারিক : কার্যকরী মূলকের (–OH, –X, –CHO, >CO, –COOH) শনাক্তকারী পরীক্ষা

২.১৩.১ হ্যালোজেন (–X) শনাক্তকরণ

মূলনীতি : লেসাইন পদ্ধতিতে জৈব যৌগে X (Cl, Br, I) শনাক্তকরণ করা হয়। এজন্য সক্রিয় সোডিয়াম ধাতুর সাথে জৈব যৌগকে উত্তপ্ত করা হয়। তখন জৈব যৌগের হ্যালোজেন সোডিয়াম ধাতুর সাথে বিক্রিয়া করে দ্রবণীয় সোডিয়াম লবণে পরিণত হয়। যেমন–

$Na + X$ (জৈব যৌগস্থ) $\xrightarrow{\Delta}$ NaX (সোডিয়াম হ্যালাইড)

যন্ত্রপাতি : গলন নল, ফানেল, ফিল্টার পেপার, বার্নার, টেস্টটিউব, মর্টার-পেস্টল।

রাসায়নিক বস্তু : প্রদত্ত জৈব যৌগ, রাসায়নিক বিকারকসমূহ, পানি।

মূল দ্রবণ প্রস্তুতি : খুব অল্প পরিমাণ (0.1 g) জৈব নমুনা এবং মটর দানার আকারের এক টুকরা সোডিয়াম ধাতু একটি শুষ্ক গলন নলে নিয়ে বুনসেন দীপের অনুজ্জ্বল শিখায় আস্তে আস্তে উত্তপ্ত করে শেষে লোহিত তপ্ত করা হয়। অতঃপর লোহিত তপ্ত গলন নলটিকে মর্টারে রক্ষিত 15–20 mL পরিমাণ পানিতে নিমজ্জিত করা হয়। গলন নলের নিম্নাংশ ভেঙে মর্টারের পানিকে পড়ে যায়। কাচের ভাঙা অংশ ও উৎপন্ন বস্তুকে মর্টারে পেস্টল দ্বারা বিচূর্ণ করে পরিস্রাবণ করা হয়। এই পরিস্রুত দ্রবণ 'মূল দ্রবণ' (Stock solution), এটি Cl, Br, I প্রভৃতি শনাক্তকরণে ব্যবহৃত হয়।

পরীক্ষা : একটি টেস্টটিউবে 2–3 mL পরিমাণ মূল দ্রবণ নিয়ে এতে সমপরিমাণ লঘু HNO_3 যোগ করে উত্তপ্ত করা হয়। পরে এর মধ্যে 2–3 ফোঁটা সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করা হয়।

পর্যবেক্ষণ ও সিদ্ধান্ত :

ক. পর্যবেক্ষণ : সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে। তা লঘু HNO_3 এ অদ্রবণীয় কিন্তু NH_4OH দ্রবণে সহজে দ্রবণীয়।

সিদ্ধান্ত : প্রদত্ত জৈব যৌগে Cl উপস্থিত। $NaCl + AgNO_3 \rightarrow AgCl$(সাদা)$\downarrow + NaNO_3$

$AgCl + 2NH_4OH \rightarrow [Ag(NH_3)_2]Cl$ (ডাইঅ্যামিন সিলভার ক্লোরাইড) $+ 2H_2O$

খ. পর্যবেক্ষণ : হলদে সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে। তা লঘু HNO_3 এ অদ্রবণীয় কিন্তু NH_4OH দ্রবণে স্বল্প দ্রবণীয়।

সিদ্ধান্ত : প্রদত্ত জৈব যৌগে Br উপস্থিত। $NaBr + AgNO_3 \rightarrow AgBr$(হালকা হলুদ)$\downarrow + NaNO_3$

$AgBr + 2NH_4OH \rightarrow [Ag(NH_3)_2]Br$ (ডাইঅ্যামিন সিলভার ব্রোমাইড) $+ 2H_2O$

গ. পর্যবেক্ষণ : হলুদ বর্ণের অধঃক্ষেপ পড়ে। তা লঘু HNO_3 ও NH_4OH দ্রবণে অদ্রবণীয়।

সিদ্ধান্ত : জৈব যৌগে আয়োডিন (I) উপস্থিত। $NaI + AgNO_3 \rightarrow AgI$ (হলুদ)$\downarrow + NaNO_3$

২.১৩.২ কার্বক্সিলিক মূলক (–COOH) ও ফেনলিক মূলক (C_6H_5–OH) এর পরীক্ষা

নমুনা হিসেবে : মিথানোয়িক এসিড (H – COOH), ইথানোয়িক এসিড (CH_3COOH), অক্সালিক এসিড, বেনজয়িক এসিড, স্যালিসাইলিক এসিড, ফেনল, ক্রিসল ইত্যাদি পরীক্ষা করা যাবে। উল্লেখ্য HCOOH অ্যালডিহাইড মূলকের পরীক্ষাও দেবে।

পরীক্ষা	পর্যবেক্ষণ	সিদ্ধান্ত
১. প্রদত্ত কঠিন বা তরল জৈব যৌগে প্রথমে নীল লিটমাস পেপার এবং পরে লাল লিটমাস পেপার যোগ করা হয়।	নীল লিটমাস পেপার লাল হবে।	**কঠিন বস্তু :** অক্সালিক এসিড, বেনজয়িক এসিড, স্যালিসাইলিক এসিড। **তরল বস্তু :** HCOOH, CH_3COOH, ফেনল হতে পারে।
২. **$NaHCO_3$ দ্রবণসহ পরীক্ষা :** একটি টেস্টটিউবে $NaHCO_3$ এর সম্পৃক্ত দ্রবণ নিয়ে এর মধ্যে জৈব যৌগের দ্রবণ অল্প অল্প করে যোগ করা হয়।	বুদবুদ সহকারে CO_2 গ্যাস বের হয়।	–COOH মূলক উপস্থিত ও নিশ্চিত।
	বুদবুদ উঠে না।	ফেনল হতে পারে।

১. **লিটমাস পরীক্ষা :** যেহেতু নীল লিটমাস লাল হয় সেহেতু আমরা বুঝতে পেরেছি কার্বক্সিলিক এসিড ও ফেনলের জলীয় দ্রবণে H^+ উৎপন্ন হয়েছে।

২. **$NaHCO_3$ পরীক্ষা :** কার্বক্সিলিক এসিড $NaHCO_3$ এর সাথে বিক্রিয়া করে CO_2 উৎপন্ন করে কিন্তু ফেনল এ বিক্রিয়া প্রদর্শন করে না।

$$C_6H_5COOH + NaHCO_3(aq) \longrightarrow C_6H_5COONa + H_2O + CO_2(g)$$

২.১৩.৩ অ্যালকোহলীয় (–OH) মূলক পরীক্ষা

পরীক্ষা	পর্যবেক্ষণ	সিদ্ধান্ত
১. **সোডিয়াম পরীক্ষা :** একটি পরিষ্কার শুষ্ক টেস্টটিউব নিই। তাতে কয়েক ফোঁটা তরল জৈবযৌগ নিই। তাতে ছোট সোডিয়াম ধাতুর টুকরা যোগ কর। [কেরোসিন তেলে নিমজ্জিত থাকা অবস্থায় সোডিয়াম ধাতুকে ছুরি দিয়ে কেটে ছুরির মাথায় করে নিতে হয় এবং দ্রবণে যোগ করার পূর্বে টিস্যু পেপার দ্বারা মুছে নিতে হয়]	বুদবুদ নির্গত হয়। অর্থাৎ H_2 গ্যাস উৎপন্ন হচ্ছে। জ্বলন্ত দিয়াশলাই ধরলে নীল শিখাসহ জ্বলে উঠে। $2CH_3 – CH_2 – OH + 2Na \rightarrow 2 CH_3 – CH_2 – O – Na + H_2$ $2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$	অ্যালকোহল (–OH) মূলক উপস্থিত।
২. **PCl_5 / অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড পরীক্ষা :** একটি শুষ্ক টেস্টটিউবে কয়েক ফোঁটা নমুনা নাও এবং কয়েক ফোঁটা ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড (PCl_5) অথবা, অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড যোগ কর এবং ঝাঁকাও। টেস্টটিউবের মুখে NH_4OH এ দ্রবণে সিক্ত গ্লাস রড ধর।	অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সাদা ধোঁয়া সৃষ্টি হয়। $CH_3 –CH_2 – OH + PCl_5 \rightarrow CH_3 – CH_2 – Cl + POCl_3 + HCl$ $NH_4OH + HCl \rightarrow NH_4Cl$	নমুনায় (–OH) মূলক বিদ্যমান।

সাবধানতা : সোডিয়াম ধাতু ফরসেফস দিয়ে ধরবে এবং কখনো খালি হাতে ধরবে না। অব্যবহৃত Na টুকরো সিঙ্কে ফেলবে না কারণ পানিতে পড়লে সোডিয়ামে আগুন ধরে যাবে। পানির সাথে Na এর বিক্রিয়ায় যখন NaOH ও H_2 তৈরি হয় তখন তাপের সৃষ্টি হয়। এ তাপের ফলে আগুন ধরে এবং Na ধাতু ও H_2 জ্বলতে থাকে।

১. **Na ধাতু পরীক্ষা :** 2 ROH + 2 Na = 2 RONa, (সোডিয়াম অ্যালকোক্সাইড) + ↑ H_2

২. **PCl_5 পরীক্ষা :** $ROH + PCl_5 \longrightarrow RCl + POCl_3 + HCl \uparrow \xrightarrow{NH_3} NH_4Cl$ (সাদা ধোঁয়া)

২.১৩.৪ | অ্যালডিহাইড ও কিটোন মূলক (–CHO I $>C=O$) এর পরীক্ষা

নমুনা হিসেবে : বেনজালডিহাইড (C_6H_5CHO), ইথান্যাল (CH_3CHO) ফরমালিন, প্রোপানোন (CH_3COCH_3), বিউটানোন ($CH_3COC_2H_5$), পেন্টানোন-2 ($CH_3COC_3H_7$), অ্যাসিটোফেনোন ($CH_3COC_6H_5$) ও কঠিন বেনজোফেনোন ($C_6H_5COC_6H_5$)।

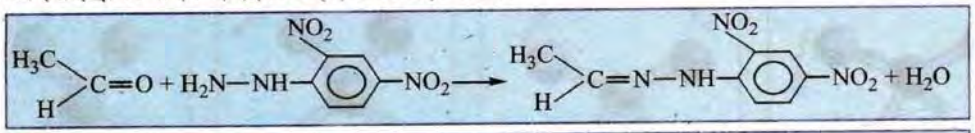
পরীক্ষা	পর্যবেক্ষণ	সিদ্ধান্ত
১. **2, 4-ডাইনাইট্রোফিনাইল হাইড্রাজিন পরীক্ষা (2, 4-DNP) :** 2, 4-ডাইনাইট্রোফিনাইল হাইড্রাজিন একটি টেস্টটিউবে নিয়ে তাতে (2–1) ফোঁটা জৈবযৌগ যোগ করে ঝাঁকাও। অধঃক্ষেপ পড়তে দেরি হলে সামান্য গরম কর।	হলুদ বা, কমলা-লাল বর্ণের অধঃক্ষেপ পড়ে।	অ্যালডিহাইড (–CHO) অথবা, কিটোন ($>C=O$) মূলক উপস্থিত।
২. **সিফ বিকারক পরীক্ষা :** অল্প পরিমাণ সিফ বিকারক একটি টেস্টটিউবে নিয়ে তাতে 2–1 ফোঁটা জৈব যৌগ যোগ করে উত্তমরূপে ঝাঁকাও। গরম করা যাবে না।	গোলাপি বর্ণ দৃশ্যমান হয়।	অ্যালডিহাইড (–CHO) মূলক উপস্থিত।
৩. **টলেন বিকারক পরীক্ষা :** অল্প পরিমাণ টলেন বিকারক একটি পরিষ্কার টেস্টটিউবে নিয়ে তাতে 2–3 ফোঁটা প্রদত্ত জৈব নমুনা যোগ করা হয়। অতঃপর টেস্টটিউবটিকে বিকারের পানিতে রেখে (35 – 40)°C তাপমাত্রায় একটু গরম কর। অধিক উত্তপ্ত বা ফুটানো যাবে না।	টেস্টটিউবের গায়ে চকচকে সিলভার দর্পণ সৃষ্টি হয়।	–CHO মূলক উপস্থিতি নিশ্চিত।
৪. **ফেলিং দ্রবণ পরীক্ষা :** একটি টেস্টটিউবে ফেলিং দ্রবণ নিয়ে তাতে 2-3 ফোঁটা জৈব নমুনা যোগ করে ভালোভাবে ঝাঁকানো হয়। অতঃপর একে বিকারের ফুটন্ত পানিতে উত্তপ্ত করা হয়।	টেস্টটিউবের তলায় Cu_2O এর লালচে-বাদামি বর্ণের অধঃক্ষেপ পড়ে।	–CHO মূলক উপস্থিতি নিশ্চিত।

কিটোন মূলক ($>C=O$) এর নিশ্চিতকরণ পরীক্ষা :

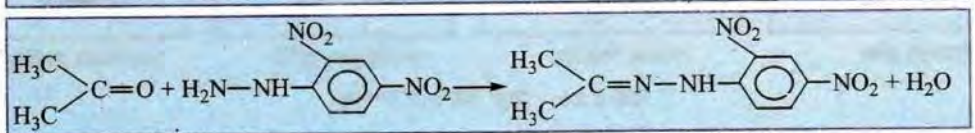
পরীক্ষা	পর্যবেক্ষণ	সিদ্ধান্ত
১. **সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইড পরীক্ষা :** একটি টেস্টটিউবে সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইডের একটি কেলাস নিয়ে তাতে অল্প পরিমাণ পানিতে দ্রবীভূত করে ঝাঁকাও পরে ফোঁটায় ফোঁটায় কস্টিক সোডা যোগ কর।	লাল বর্ণের দ্রবণ উৎপন্ন হয়। [2-বিউটানোন এর ক্ষেত্রে লাল বর্ণ দ্রুত হলুদ হয়। কিন্তু লাল দ্রবণে CH_3COOH যোগ করার সাথে নীল হলে অ্যাসিটোফেনোন নির্দেশ করে।]	কিটোন ($>C=O$) উপস্থিতি নিশ্চিত। (১নং পরীক্ষা সহযোগে কিটোন নিশ্চিত।)

রাসায়নিক বিক্রিয়াসমূহ : অ্যালডিহাইড ও কিটোন মূলকের পরীক্ষা :

১. 2, 4-ডাইনাইট্রো ফিনাইল হাইড্রাজিন (2, 4-DNP) পরীক্ষা :



2, 4-ডাইনাইট্রো ফিনাইল হাইড্রাজিন



2, 4-ডাইনাইট্রো ফিনাইল হাইড্রাজোন (রঙিন অধঃক্ষেপ)

২. **সিফ্ বিকারক পরীক্ষা :** ম্যাজেন্টা বা, রোজ্যানিলিন, $(NH_2 . C_6H_4)_2 C(OH) . C_6H_3(CH_3) NH_2]$ এর জলীয় গোলাপি দ্রবণে SO_2 গ্যাস চালনা করলে সিফ্ বিকারক নামক বর্ণহীন দ্রবণ উৎপন্ন হয়। বিজারণধর্মী যেকোনো অ্যালডিহাইড ঐ বর্ণহীন সিফ্ বিকারককে বিজারিত করে ম্যাজেন্টার গোলাপি বর্ণ ফিরিয়ে দেয়।

৩. **টলেন বিকারক পরীক্ষা :** অ্যামোনিয়া মিশ্রিত $AgNO_3$ দ্রবণ অর্থাৎ $[Ag(NH_3)_2]OH$ দ্রবণ অ্যালডিহাইড দ্বারা বিজারিত হয়। $CH_3CHO + 2[Ag(NH_3)_2]OH \longrightarrow 2Ag(s)\downarrow + CH_3COONH_4 + 3NH_3(g)$। এ মিশ্রণটিকে উত্তপ্ত করা যাবে না তাতে বিস্ফোরণ ঘটবে।

৪. **ফেলিং দ্রবণ পরীক্ষা :** $CH_3CHO + 2Cu(OH)_2 + NaOH \xrightarrow{\text{তাপ}} CH_3COONa + Cu_2O(s)$ (লাল)$\downarrow + 3H_2O$।

৫. **সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইড পরীক্ষা :** কিটোন ও ক্ষারের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন অ্যানায়ন এর সাথে নাইট্রোপ্রুসাইড আয়ন বিক্রিয়া করে লাল বর্ণের অ্যানায়ন গঠন করে।

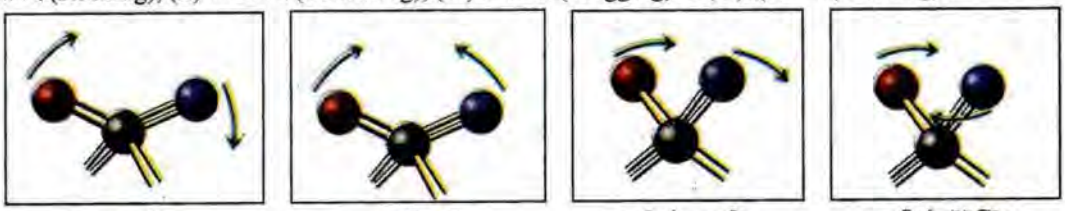
$$CH_3COCH_3 + OH^- \longrightarrow CH_3COCH_2^- + H_2O$$
$$[Fe(CN)_5 NO]^{2-} + CH_3COCH_2^- \longrightarrow [Fe(CN)_5 NO . CH_3COCH_2]^{3-} \text{ (লাল বর্ণ)}$$

২.১৪ কার্যকরী মূলক (– OH, $>C=O$) শনাক্তকরণে IR Spectroscopic শোষণ/নিঃসরণ ব্যান্ড

আমরা ল্যাবরেটরির সাধারণ পরীক্ষার মাধ্যমে জৈব অণুতে বর্তমান বিভিন্ন কার্যকরী মূলকের উপস্থিতি শনাক্ত করে থাকি। যেমন অ্যালকিনের মূলকের ক্ষেত্রে বেয়ার পরীক্ষা ও ব্রোমিন দ্রবণ পরীক্ষা, অ্যালডিহাইড মূলকের ক্ষেত্রে ফেহ্লিং দ্রবণ পরীক্ষা ও টলেন বিকারক পরীক্ষা, কার্বক্সিলিক এসিড মূলকের ক্ষেত্রে চুনের পানির পরীক্ষা ইত্যাদি। রাসায়নিক পরীক্ষা না করেও বর্ণালিমিতির সাহায্যে বিভিন্ন জৈব যৌগের অণুতে বর্তমান বিভিন্ন কার্যকরী মূলকের উপস্থিতি সম্পর্কে ধারণা লাভ করা যায়।

অণু কর্তৃক যেকোনো ধরনের শক্তির শোষণের ফলে অণুটি উচ্চতর শক্তি অবস্থায় স্থানান্তরিত হয়। অবলোহিত রশ্মির ক্ষেত্রেও একই বিষয় প্রযোজ্য। অবলোহিত রশ্মি (IR) এর শোষণের ফলে কোনোরূপ ইলেকট্রনীয় স্থানান্তর না ঘটলেও সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ পরমাণু বা মূলকের কম্পনীয় উত্তেজনা সৃষ্টি করার মতো সামর্থ্য রাখে। তবে একটি অণুতে উপস্থিত এক বা একাধিক গ্রুপ বা কার্যকরী মূলক কেবলমাত্র অবলোহিত রশ্মির কিছু কিছু নির্ধারিত ফ্রিকুয়েন্সি শোষণ করতে পারে। যা কিনা জৈব যৌগের গঠন কাঠামো নির্ণয়ের ক্ষেত্রে অনেক গুরুত্বপূর্ণ তথ্য প্রদান করে থাকে। পরীক্ষণীয় নমুনা জৈব যৌগের মধ্য দিয়ে IR রশ্মি চালনা করলে মূলক কর্তৃক বিশেষ ফ্রিকুয়েন্সির শোষিত হওয়ার অর্থ পরমাণুসমূহের পরস্পরের সাপেক্ষে বিভিন্ন মাত্রার কম্পন প্রদর্শন। অণুর কম্পনকে সাধারণত দুইভাগে ভাগ করা হয়। (ক) প্রসারণ (Stretchig) ও (খ) বক্রকরণ (Bending)। প্রসারণকে আবার দুটি উপভাগে ভাগ করা হয়। (i) একটি প্রতিসম প্রসারণ অপরটি (ii) অপ্রতিসম প্রসারণ। অপরদিকে বক্রকরণকে চারটি উপভাগে ভাগ করা হয়–

(i) রকিং (Rocking), (ii) সিজারিং (Scissoring), (iii) ওয়াগিং (Wagging) ও (iv) টুইস্টিং (Twisting)।



সমতলে রকিং | সমতলে সিজারিং | তলবহির্ভূত ওয়াগিং | তলবহির্ভূত টুইস্টিং

চিত্র ২.৩১ : অণুর বক্রকরণ কম্পন

জৈব যৌগের অণুতে স্থায়ী ও পরিবর্তনশীল ডাইপোল মোমেন্ট থাকায় এটি IR সক্রিয় হয়। একটি জৈব যৌগের বিভিন্ন মূলকে বর্তমান ভিন্ন ভিন্ন বন্ধনের (C = O, O – H, C – H ইত্যাদির) কারণে বিভিন্ন শক্তি অঞ্চলে ব্যান্ডের সৃষ্টি হয়। তবে

একটি নির্দিষ্ট বন্ধন নির্দিষ্ট শক্তির আলো শোষণ করে নির্দিষ্ট শক্তিতে IR ব্যান্ড উৎপন্ন করে। এ উৎপন্ন ব্যান্ড পর্যালোচনা করে বন্ধন তথা মূলকের উপস্থিতি নিশ্চিত করা হয়। IR বর্ণালির ব্যাপ্তি 400 – 4000 cm^{-1} হলেও এ বর্ণালির ক্ষেত্রে 1000 – 4000 cm^{-1} পর্যন্ত এলাকা তরলদৈর্ঘ্যের কার্যকরী মূলক নির্দেশক এলাকা এবং ∠1000 cm^{-1} তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের এলাকা ফিঙ্গার প্রিন্ট এলাকা।

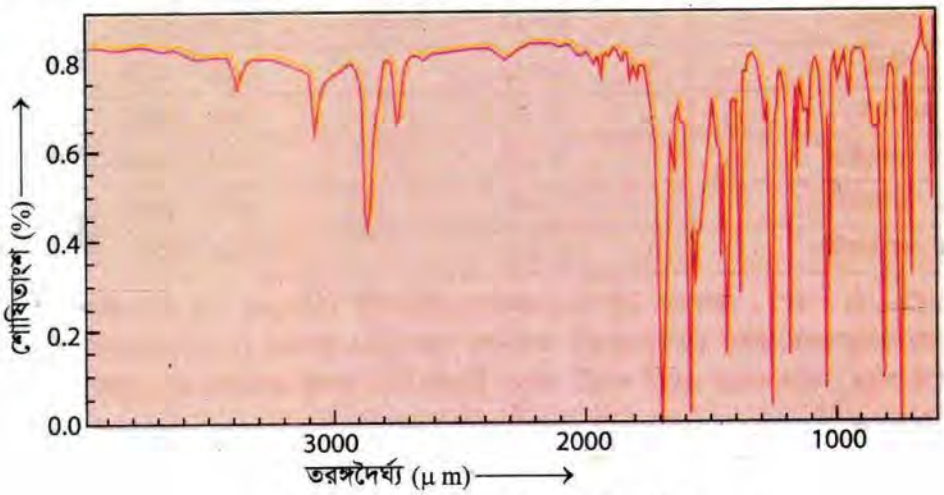
বর্ণালিতে কোনো বিশেষ কম্পাঙ্ক অঞ্চলে কোনো ব্যান্ডের অনুপস্থিতি উক্ত অঞ্চলে শোষণকারী গ্রুপের অনুপস্থিতি নির্দেশ করে। তাই কোনো যৌগের IR বর্ণালির শোষণ/নিঃসরণ ব্যান্ডে যে অঞ্চলে প্রদর্শিত বা দৃশ্যমান হয় সেই অঞ্চলের গ্রুপ বা মূলকটি ঐ যৌগের অণুতে উপস্থিত বলে ধরে নেওয়া হয়। উদাহরণস্বরূপ কোনো যৌগের অণুতে যদি কার্বনাইল মূলক ($>C=O$) উপস্থিত থাকে তবে সেক্ষেত্রে IR শোষণ/নিঃসরণ বর্ণালিতে 1715 cm^{-1} এর কাছাকাছি তীব্র সুচালো খাড়া সুস্পষ্ট ব্যান্ডের আবির্ভাব ঘটবে।

ডাইপোল মোমেন্টের পরিবর্তনজনিত কারণে কার্বনিল গ্রুপটির শোষণ/নিঃসরণ ব্যান্ডের অবস্থানের পরিবর্তন ঘটে থাকে। তবে এ সীমা 1850 – 1650 cm^{-1} এ পরিসরের মধ্যে বর্তমান থাকে। যৌগের $>C=O$ গ্রুপের প্রসারণ ফ্রিকুয়েন্সি এর সাথে যুক্ত গ্রুপ বা পরমাণুর প্রতি খুবই সংবেদনশীল। যে কারণে শোষণ/নিঃসরণ ব্যান্ডটি 1715 cm^{-1} হতে বিচ্যুতি ঘটে উচ্চ বা নিম্ন সীমার মানে এসে উপনীত হয়। এ বিষয়টিকে পরিষ্কার করার জন্য নিচের উদাহরণগুলোর দিকে লক্ষ্য করা যাক –

যৌগ ও গ্রুপ	অ্যালডিহাইড	কিটোন	কার্বক্সিলিক এসিড	অ্যামাইড	অ্যানহাইড্রাইড	অ্যানহাইড্রাইড	এসিড হ্যালাইড	এস্টার
	$R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H$	$R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-R$	$R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$	$R-CO-NH_2$	$R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-R$	$R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-R$	$R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-X$	$R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OR$
ব্যান্ডের সীমা অঞ্চল cm^{-1}	1725	1715	1710	1790	1760 ব্যান্ড-১	1810 ব্যান্ড-২	1800	1735

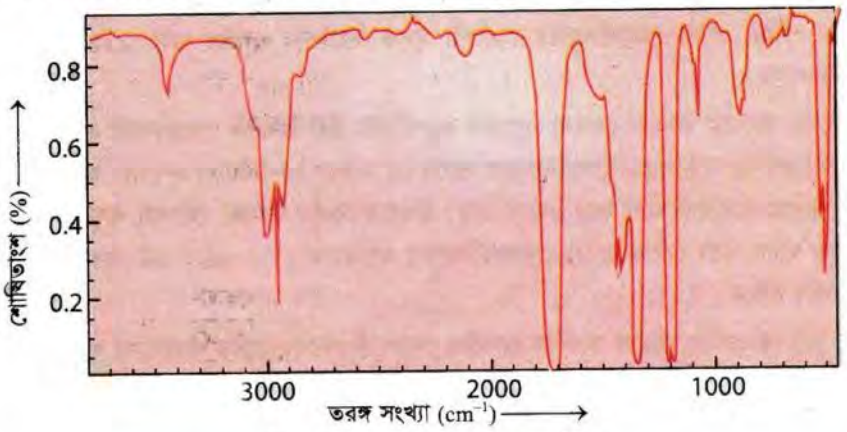
অ্যালডিহাইড (– CHO) মূলক : এক্ষেত্রে $>C=O$ এর প্রসারণ ফ্রিকুয়েন্সির মান প্রায় 1725 cm^{-1} এর কাছাকাছি। তবে কনজুগেশন ঘটলে এটি ডানদিকে সরে যায়। – CHO মূলকের C – H এর প্রসারণটি অ্যালডিহাইড হাইড্রোজেন সংশ্লিষ্ট। এ প্রসারণটি দুটি দুর্বল ব্যান্ডের সমন্বয়ে গঠিত। 2750 cm^{-1} এবং 2850 cm^{-1} অঞ্চলে এটি পরিলক্ষিত হয়।

অ্যালডিহাইড মূলক (– CHO) এর সাথে অ্যারাইল গ্রুপ অথবা α, β-দ্বিবন্ধন দ্বারা কার্বনাইল গ্রুপের কনজুগেশন ঘটলে $>C=O$ প্রসারণ ব্যান্ডটি ডানদিকে সরে যাবে। এক্ষেত্রে প্রসারণ কম্পাঙ্কটি 1725 – 1700 cm^{-1} কম্পাঙ্কে অবনমিত হয়। অ্যালডিহাইডের ক্ষেত্রে প্রত্যাশিত দুটি ব্যান্ড যা ~ 2750 cm^{-1} ও 2850 cm^{-1} নির্দেশ করে অ্যালডিহাইড ও কিটোনের মধ্যে পার্থক্য নির্ধারণের ক্ষেত্রে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা বিশেষ করে 2750 cm^{-1} এর ব্যান্ডটি অতীব গুরুত্বপূর্ণ।



চিত্র ২.৩২ : বেনজালডিহাইড এর IR বর্ণালি

কিটোন ($>C=O$) মূলক : এক্ষেত্রে 1715 cm^{-1} এর সন্নিকটে $>C=O$ এর প্রসারণ সংঘটিত হয়। তবে কনজুগেশন ঘটলে এটি ডান দিকে সরে যায় আর বলয় পীড়ন ঘটলে এটি বাম দিকে সরে যায়।

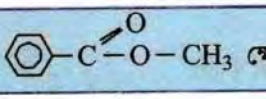


চিত্র ২.৩৩ : অ্যাসিটোনের IR বর্ণালি

কার্বক্সিলিক এসিড (–COOH) মূলক : এক্ষেত্রে $>C=O$ এর প্রসারণ ব্যান্ডটি 1730 – 1700 cm^{-1} সীমার মধ্যে বিস্তৃত। তবে কনজুগেশন ঘটলে শোষণ ব্যান্ডটি ডানদিকে সরে যায়। – O – H এর শোষণ ফ্রিকুয়েন্সি 3400 – 2400 cm^{-1} পর্যন্ত বিস্তৃত থাকে এবং C – O প্রসারণ ব্যান্ডটি 1320 – 1210 cm^{-1} সীমার মধ্যে অবস্থান করে। কার্বক্সিলিক এসিডের ক্ষেত্রে – O – H ব্যান্ডটির (3400 – 2400 cm^{-1}) উপস্থিতি এবং এর সাথে $>C=O$ মূলকের শোষণ ব্যান্ডটি শনাক্ত করা গেলে কার্বক্সিলিক এসিডের নিশ্চিতকরণ সম্ভবপর হয়।

কার্যকরী মূলক	অণুর বন্ধন প্রকৃতি	তরঙ্গ সংখ্যা (cm^{-1})
১. অ্যালকেন	C – H (stretch)	2950 – 2800
২. অ্যালকিন	= CH (stretch)	3100 – 3010
৩. অ্যালকাইন	CH (stretch)	3300
৪. অ্যারোমেটিক	C – H (stretch)	3020 – 3000
৫. অ্যালকোহল	O – H (stretch)	3550 – 3200
৬. অ্যালডিহাইড	C = O (stretch)	1700 – 1850
৭. কিটোন	C = O	1750 – 1735
৮. এস্টার	C = O	1750 – 1735
৯. অ্যামিন	N – H	3500 – 3300
১০. অ্যামাইড	N – H	3500 – 3180
১১. অ্যালকিন	C = C	1600 – 1690
১২. অ্যালকাইন	C ≡ C	2100 – 2260

এস্টার (R – CO – O – R′) : এক্ষেত্রে $>C=O$ মূলকের প্রসারণটি 1735 cm^{-1} এ হয়ে থাকে। তবে R′ অংশে অক্সিজেনের সাথে কনজুগেশন ঘটলে শোষণ ব্যান্ডটি বামদিকে সরে যায়। এক্ষেত্রে C – O প্রসারণটি দুই বা ততোধিক ব্যান্ড সম্পন্ন হতে পারে। তবে এদের একটি অন্যটি থেকে তীব্রতর এবং যথেষ্ট প্রশস্ততর হয়ে থাকে। শোষণ পরিসরের সীমা 1300 – 1000 cm^{-1}।

উদাহরণস্বরূপ,  ক্ষেত্রে এরূপ ব্যান্ড পরিলক্ষিত হয়।

অ্যালকোহলীয় –OH এবং ফেনলীয় –OH মূলক : অ্যালকোহলের ক্ষেত্রে C–O এর প্রসারণ কম্পাঙ্কটি সাধারণত 1250 – 1000 cm^{-1} সীমার মধ্যে পরিলক্ষিত হয়। অ্যালকোহলটি যদি 1° অ্যালকোহল হয় তবে সেক্ষেত্রে 1050 cm^{-1}, 2° অ্যালকোহল হলে 1100 cm^{-1} এবং 3° অ্যালকোহলের ক্ষেত্রে 1150 cm^{-1} সীমায় শোষণ/নিঃসরণ ব্যান্ড পরিলক্ষিত হয়। এটি মূলত 1°, 2° ও 3°-অ্যালকোহলের গঠন কাঠামো নির্ধারণে ব্যবহৃত হয়।

মুক্ত O – H প্রসারণের জন্য যদি H বন্ধন না থাকে তবে সেক্ষেত্রে 3650 – 3600 cm^{-1} কম্পাঙ্কের একটি তীক্ষ্ণ (sharp) ব্যান্ডের চূড়া পরিলক্ষিত হয়। H-বন্ধনকৃত O – H প্রসারণটি 3500 – 3200 cm^{-1} এর মধ্যে প্রশস্ত চূড়া হিসেবে দৃশ্যমান হয়। বিশুদ্ধ তরলে এটিই একমাত্র ব্যান্ড হিসেবে দেখা যায়।

অ্যালকোহল ও ফেনলের C – O এবং O – H প্রসারণ কম্পাঙ্ক : অণুতে আন্তঃআণবিক H বন্ধন O – H বন্ধনকে দুর্বল করে এবং এর ফলে ব্যান্ডটি নিম্নতর ফ্রিকুয়েন্সিতে স্থানান্তরিত হয়। মুক্ত O – H প্রসারণটি 1°, 2°, 3° অ্যালকোহল এবং ফেনলের ক্ষেত্রে যথাক্রমে 3690, 3630, 3620 এবং 3610 cm^{-1} এর পরিলক্ষিত হয়। আবার C – O প্রসারণ বন্ধনের ব্যান্ডটির মাধ্যমে অ্যালকোহলের 1°, 2°, 3° এবং ফেনলের মধ্যে পার্থক্য নিরূপণ করা যায়।

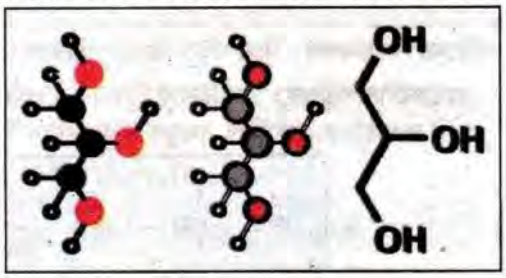
যৌগ	C–O প্রসারণ cm^{-1}	O–H প্রসারণ cm^{-1}
1° অ্যালকোহল	1050	3690
2° অ্যালকোহল	1100	3630
3° অ্যালকোহল	1150	3620
ফেনল	1220	3610

২.১৫ গ্লিসারিন ও ফেনলের প্রস্তুতি এবং শনাক্তকারী বিক্রিয়া

(Preparation of Glycerine and Phenol & Identification Reaction)

২.১৫.১ গ্লিসারিন প্রস্তুতি ও শনাক্তকারী বিক্রিয়া (Preparation of Glycerine & Identification Reaction)

গ্লিসারিন একটি ট্রাইহাইড্রিক অ্যালকোহল। 1779 সালে বিজ্ঞানী শীলে চর্বিকে ক্ষার যোগে আর্দ্রবিশ্লেষিত করে গ্লিসারিন প্রস্তুত করেন। এটি একটি উন্নতমানের প্রসাধনী।



চিত্র ২.৩৪ : গ্লিসারিন

প্রস্তুতি : তেল ও চর্বিকে আর্দ্রবিশ্লেষিত করলে গ্লিসারিন ও ফ্যাটি এসিড উৎপন্ন হয়। এ আর্দ্রবিশ্লেষণ–

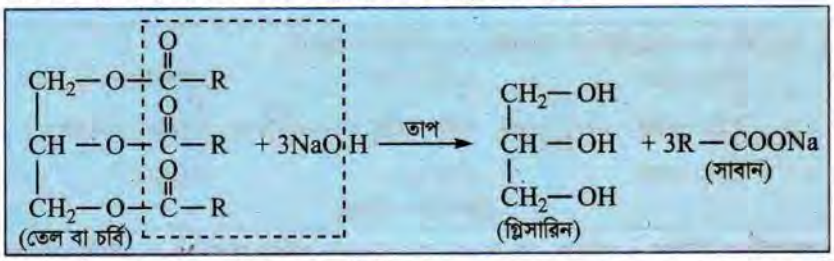
(ক) ক্ষারের জলীয় দ্রবণ,

(খ) এসিডের জলীয় দ্রবণ বা

(গ) চাপের প্রভাবে শুধু ক্লোরিন ও পানি দ্বারা সম্পন্ন করা যায়।

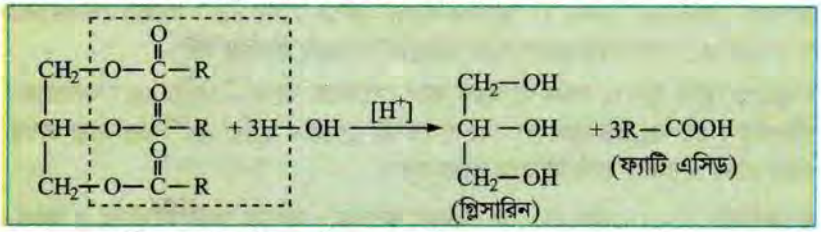
(ক) ক্ষারের জলীয় দ্রবণ দ্বারা আর্দ্রবিশ্লেষণ :

মূলনীতি : এটি মূলত সাবানায়ন প্রক্রিয়া। তেল ও চর্বির সাথে ক্ষার, কস্টিক সোডা বা কস্টিক পটাশ দ্রবণ মিশিয়ে মিশ্রণকে উত্তপ্ত করলে তেল ও চর্বি আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়ে উচ্চতর ফ্যাটি এসিডের সোডিয়াম বা পটাসিয়ামের লবণ ও গ্লিসারিন উৎপন্ন করে থাকে।



সাবান হলো উচ্চতর ফ্যাটি এসিডের সোডিয়াম বা পটাসিয়াম লবণ। ক্ষার দ্রবণ সহযোগে তেল বা চর্বিকে আর্দ্রবিশ্লেষিত করে সাবান প্রস্তুত করার প্রক্রিয়াই সাবানায়ন (Saponification)।

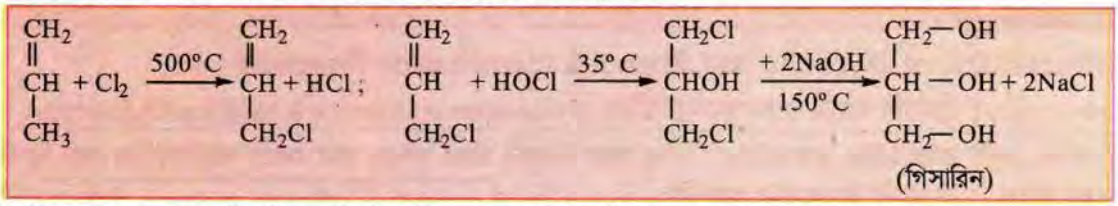
(খ) এসিড দ্বারা চর্বির আর্দ্রবিশ্লেষণ : তেল বা চর্বির সাথে লঘু HCl(aq) বা H_2SO_4 যোগ করে উচ্চচাপে ও উচ্চ তাপমাত্রায় আর্দ্রবিশ্লেষণ করলে গ্লিসারিন ও মুক্ত ফ্যাটি এসিড উৎপন্ন হয়।



উৎপন্ন গ্লিসারিন দ্রবণে থেকে যায় কিন্তু ফ্যাটি এসিড পানিতে অদ্রবণীয় বলে তা পৃথক স্তর গঠন করে। ফ্যাটি এসিডের স্তরকে পৃথক করে নেওয়া হয়। জলীয় স্তরকে সংগ্রহ করে প্রয়োজনীয় ক্ষার দ্রবণ যোগ করে প্রশমিত করে নেওয়া হয়। অতঃপর দ্রবণকে উপরে উল্লিখিত পদ্ধতিতে বর্ণহীন করার পর পাতন করে নেওয়া হয়। পাতিত হিসেবে বিশুদ্ধ গ্লিসারিন পাওয়া যায়।

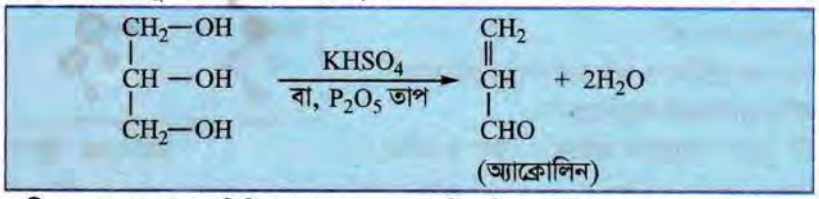
(গ) আধুনিক পদ্ধতি : পেট্রোলিয়াম ও পেট্রোলিয়াম জাতীয় উপাদানের আংশিক পাতনের সময় উপজাত হিসেবে প্রোপিন পাওয়া যায়। এ প্রোপিন হতে বর্তমানে সংশ্লেষণ প্রণালিতে প্রায় 70% গ্লিসারিন উৎপাদন করা হয়ে থাকে।

প্রোপিন ও ক্লোরিনের মিশ্রণকে উচ্চচাপ প্রয়োগ করে প্রায় 500 °C তাপমাত্রায় বয়লারে উত্তপ্ত করা হয়। ফলে 3-ক্লোরো প্রোপিন উৎপন্ন হয়। একে শীতল করে 35 °C তাপমাত্রায় নিয়ে এসে প্রয়োজনীয় হাইপোক্লোরাস এসিড যোগ করা হয়। ফলে 1, 3-ডাইক্লোরোহাইড্রিন নামক যুত যৌগ উৎপন্ন হয়। একে লঘু কস্টিক সোডার দ্রবণ সহযোগে 150 °C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে আর্দ্রবিশ্লেষণ প্রক্রিয়া সম্পন্ন হয় এবং গ্লিসারিন উৎপন্ন হয়।

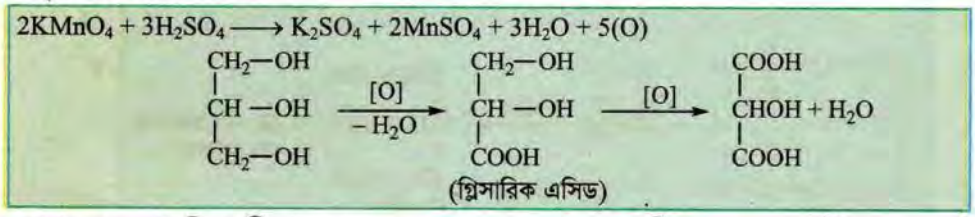


গ্লিসারিনের শনাক্তকরণ : নিম্নলিখিত তিনটি পরীক্ষার মাধ্যমে গ্লিসারিন শনাক্তকরণ করা হয়ে থাকে।

১. **অ্যাক্রোলিন পরীক্ষা :** গ্লিসারিনকে নিরুদক $KHSO_4$ বা P_2O_5 সহযোগে উত্তপ্ত করলে প্রতি অণু গ্লিসারিন হতে দুই অণু পানি অপসারিত হয়ে বিশ্রী গন্ধযুক্ত অ্যাক্রোলিন উৎপন্ন হয়।



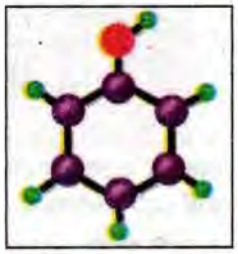
২. **$KMnO_4$ দ্রবণ পরীক্ষা :** লঘু H_2SO_4 মিশ্রিত $KMnO_4$ দ্রবণে গ্লিসারিন যোগ করলে $KMnO_4$ এর লালচে বেগুনি বর্ণ অদৃশ্য হয়ে যায়।



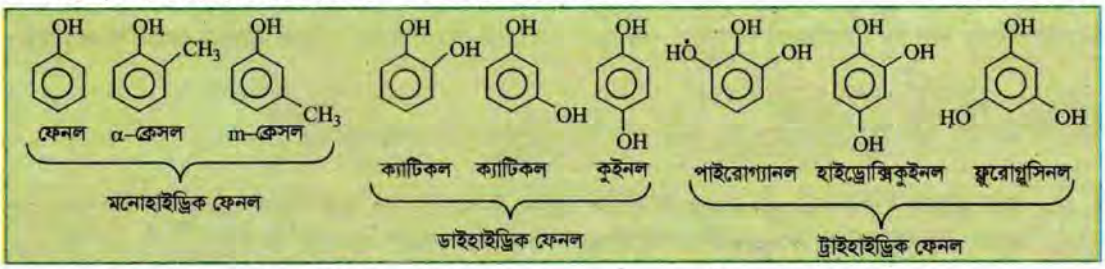
৩. **বোরাক্স ফেনফথ্যালিন পরীক্ষা :** বোরাক্স ($Na_2B_4O_7.7H_2O$) এর জলীয় দ্রবণে 2–3 ফোঁটা ফেনফথ্যালিন যোগ করলে দ্রবণ গোলাপি বর্ণ ধারণ করে। এ দ্রবণে গ্লিসারিন যোগ করা মাত্র গোলাপি বর্ণ অদৃশ্য হয়ে যায়। কিন্তু মজার বিষয় হলো এ দ্রবণকে উত্তপ্ত করলে পুনরায় গোলাপি বর্ণ ফিরে আসে এবং ঠাণ্ডা করলে আবার বর্ণ অদৃশ্য হয়ে যায়।

২.১৫.২ ফেনল প্রস্তুতি ও শনাক্তকারী বিক্রিয়া (Preparation of Phenol & Identification Reaction)

অ্যারোমেটিক বা বেনজিন বলয়ের সাথে প্রত্যক্ষভাবে হাইড্রক্সিল গ্রুপ (– OH) যুক্ত হয়ে যেসব যৌগ উৎপন্ন করে তাকে ফেনল বলে। সাধারণভাবে মনোহাইড্রক্সি বেনজিন ফেনল নামে পরিচিত। ফেনল অ্যালকোহল উভয় প্রকার যৌগেই –OH গ্রুপ বর্তমান, কিন্তু এ দু প্রকারের যৌগের মধ্যে মূলত পার্থক্য হলো ফেনলে – OH গ্রুপটি অ্যারোমেটিক বলয়ের সাথে সরাসরি যুক্ত থাকে। কিন্তু অ্যালকোহলের – OH গ্রুপটি কোনো অ্যালকাইল গ্রুপের সাথে বা বেনজিন বলয়ের কোনো পার্শ্বশিকলের সাথে যুক্ত থাকে। বেনজিন বলয়ের সাথে যুক্ত –OH গ্রুপের সংখ্যা একের অধিকও হতে পারে। – OH গ্রুপের সংখ্যা 1, 2, 3 ইত্যাদি হলে ফেনলসমূহকে যথাক্রমে মনোহাইড্রিক, ডাইহাইড্রিক, ট্রাইহাইড্রিক ফেনল বলা হয়ে থাকে। যেমন–



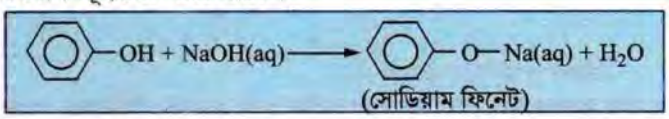
চিত্র ২.৩৫ : ফেনল



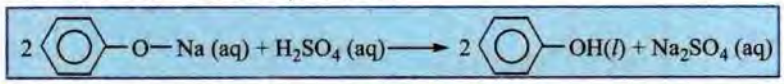
তবে সাধারণভাবে ফেনল শ্রেণির প্রতিনিধিত্বকারী যৌগটি হলো ফেনল বা কার্বলিক এসিড ($C_6H_5 – OH$)। মূলত ফেনলের জলীয় দ্রবণই কার্বলিক এসিড।

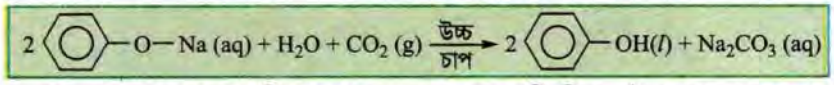
ফেনল প্রস্তুতি (Preparation of Phenol) :

১. মধ্যম তেল হতে ফেনল উৎপাদন : আলকাতরার আংশিক পাতনের (170° – 230 °C) ফলে প্রাপ্ত মধ্যম তেলের মধ্যে যথেষ্ট পরিমাণ ফেনল ও এর কিছু জাতক উপস্থিত থাকে। মধ্যম তেলকে শীতল করলে ন্যাফথালিন কেলাসিত হয়। তেল অংশকে ফিল্টার প্রেসে ছেঁকে ন্যাফথালিনকে পৃথক করে নেওয়া হয়। তেলের মধ্যে 10% NaOH দ্রবণ যোগ করে ভালোভাবে ঝাঁকানো হয়। ফলে ফেনল ও ফেনল জাতীয় যৌগসমূহ দ্রবণীয় সোডিয়াম ফিনেট লবণরূপে জলীয় স্তরে দ্রবীভূত হয়। অন্যান্য জৈব যৌগসমূহ তেল স্তরে থাকে।



পৃথকীকরণ ফানেলের সাহায্যে জলীয় স্তরকে তেল স্তর থেকে পৃথক করে নেওয়া হয়। অতঃপর এ জলীয় স্তরের মধ্যে লঘু H_2SO_4 যোগ করে পাতন করা হয়। এক্ষেত্রে H_2SO_4 এর পরিবর্তে দ্রবণের মধ্যে উচ্চ চাপে CO_2 গ্যাস চালনা করে সোডিয়াম ফিনেট হতে ফেনলকে মুক্ত করা হয়।

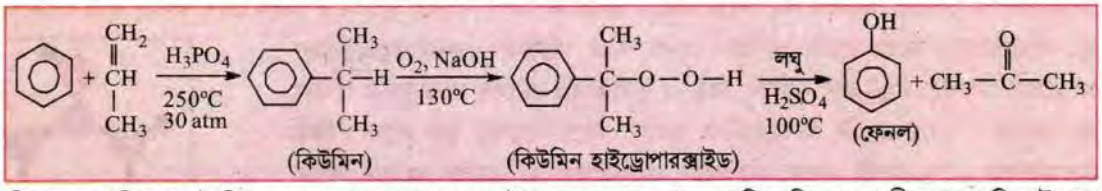




কালো বর্ণের গাঢ় তেল স্তরকে আস্রাবণ প্রক্রিয়ায় পৃথক করার পর পানি দিয়ে ধৌত করে শুষ্ক করা হয়। এবার একে 182 °C তাপমাত্রায় আংশিক পাতন করা হয়। এ তাপমাত্রা ফেনলের স্ফুটনাঙ্ক। পাতিত তরলকে 41°C তাপমাত্রায় শীতল করলে বর্ণহীন কেলাস হিসেবে ফেনল পাওয়া যায়।

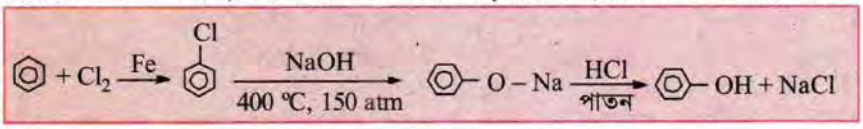
২. কিউমিন পদ্ধতিতে ফেনল উৎপাদন : অশোধিত পেট্রোলিয়ামকে পরিশোধনের সময় উপজাত হিসেবে বেনজিন ও প্রোপিন পাওয়া যায়। বেনজিন ও প্রোপিনকে প্রভাবক H_3PO_4 এর উপস্থিতিতে 250 °C তাপমাত্রায় 30 atm চাপ প্রয়োগ করলে

কিউমিন উৎপন্ন হয়। কিউমিনের মধ্যে 130 °C তাপমাত্রায় বায়ু চালনা করলে এটি জারিত হয়ে কিউমিন হাইড্রোপারক্সাইডে পরিণত হয়। একে লঘু H_2SO_4 দ্বারা 100 °C তাপমাত্রায় বিয়োজিত করলে ফেনল ও প্রোপানোন উৎপন্ন হয়।

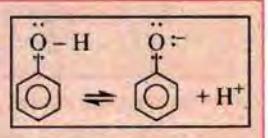


বেনজিন ও প্রোপিন পেট্রোলিয়াম হতে পাওয়া যায় এবং উপজাত প্রোপানোন একটি অতি প্রয়োজনীয় রাসায়নিক উপাদান। তাই মোট উৎপাদনের 40% এ পদ্ধতিতে উৎপাদন করা হয়।

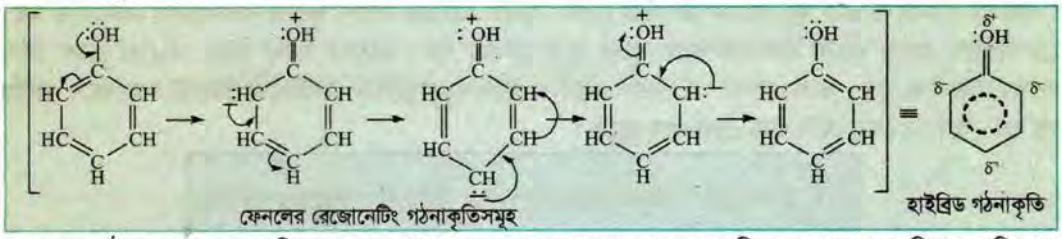
৩. ডাউ প্রণালি : বেনজিন প্রভাবক আয়রন চূর্ণের উপস্থিতিতে Cl_2 এর সাথে বিক্রিয়া করে ক্লোরোবেনজিন উৎপন্ন করে। উৎপন্ন ক্লোরোবেনজিনকে 400°C তাপমাত্রায় 150 atm চাপে 10% (W/V) NaOH সহযোগে বিক্রিয়া ঘটিয়ে সোডিয়াম ফিনেটে পরিণত করা হয়। সোডিয়াম ফিনেটকে গাঢ় HCl সহযোগে পাতন করলে পাতিত হিসেবে ফেনল পাওয়া যায়।



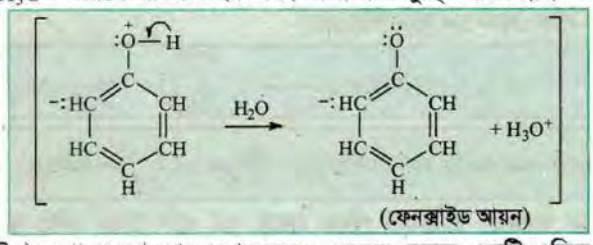
মনে রাখবে : পোলার –OH গ্রুপের উপস্থিতির কারণে ফেনল এসিডের মতো আচরণ করে। ফেনলের –OH গ্রুপ বেনজিন বলয়ের sp^2- সংকরায়িত কার্বন পরমাণুর সাথে সরাসরি যুক্ত থাকে যা ইলেকট্রন আকর্ষী গ্রুপ হিসেবে ক্রিয়া করে। ফেনলের sp^2-সংকরায়িত কার্বন যাতে –OH গ্রুপ সরাসরি যুক্ত থাকে তার অধিক তড়িৎ ঋণাত্মকতার কারণে অক্সিজেনের ওপর ইলেকট্রনের ঘনত্ব অপেক্ষাকৃতভাবে কমে যায় এবং ফেনল অধিক মাত্রায় আয়নিত হয়। এ কারণে ফেনলের জলীয় দ্রবণ থেকে H^+ আয়ন সহজেই মুক্ত হয়। ফেনলের $K_a = 10^{-8} - 10^{-10}$। ফেনলের জলীয় দ্রবণকে কার্বলিক এসিড বলা হয়।



ফেনলের এসিডত্বের ব্যাখ্যা : রেজনেন্স গঠনের মাধ্যমে ফেনলের এসিডত্বের ব্যাখ্যা দেওয়া সম্ভব।



এ রেজোনেন্স গঠনে দেখা যায় অক্সিজেন পরমাণু ধনাত্মক অবস্থা প্রাপ্ত হয়েছে। অক্সিজেন পরমাণু অতিশয় তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল। অক্সিজেনের ধনাত্মক অবস্থায় এর সাথে যুক্ত H-পরমাণু O – H σ-বন্ধনের দুটি ইলেকট্রনকে দান করে নিজে জলীয় দ্রবণে H^+ আয়ন তথা H_3O^+ আয়নে পরিণত হয় এবং পাশাপাশি সুস্থিত ফেনক্সাইড আয়ন উৎপন্ন করে।



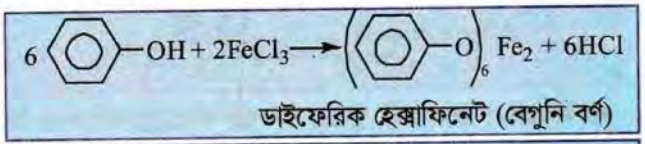
ফেনল জলীয় দ্রবণে H^+ (প্রোটন) তথা H_3O^+ আয়ন দান করে। এজন্য ফেনল একটি এসিড।

মনে রাখবে : ঘনমাত্রার ওপর নির্ভর করে একই উপাদানকে অ্যান্টিসেপটিক এবং ডিসইনফেকট্যান্ট হিসেবে ব্যবহার করা যায়। ফেনলের 2% জলীয় দ্রবণকে অ্যান্টিসেপটিক হিসেবে এবং 40% এর উপরে গাঢ় দ্রবণকে ডিসইনফেকট্যান্ট হিসেবে ব্যবহার করা হয়।

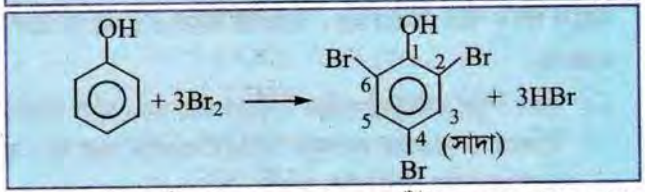
ফেনল শনাক্তকরণ (Identification of Phenol) :

১. ফেনলের বেশ বৈশিষ্ট্যপূর্ণ গন্ধ (কার্বলিক সাবানের মতো গন্ধ) থেকে একে সহজে চেনা যায়।

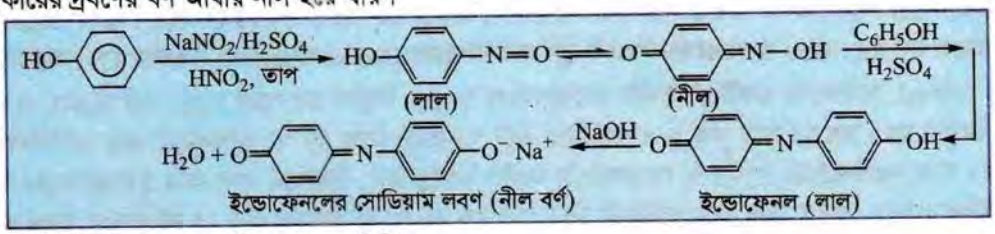
২. পরীক্ষানলে ফেনল দ্রবণ নিয়ে তাতে 2 – 3 ফোঁটা সদ্য প্রস্তুত প্রশমিত $FeCl_3$ দ্রবণ যোগ করলে দ্রবণ বেগুনি বর্ণ ধারণ করে।



৩. পরীক্ষানলে ফেনলের দ্রবণ নিয়ে তাতে 2 – 4 ফোঁটা ব্রোমিন পানির দ্রবণ যোগ করলে 2, 4, 6-ট্রাইব্রোমো ফেনলের সাদা অধঃক্ষেপের সৃষ্টি হয়।



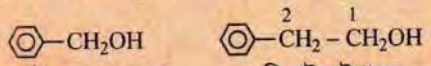
৪. **লিবারম্যান পরীক্ষা :** একটি পরীক্ষানলে ফেনলের সাথে সামান্য কঠিন $NaNO_2$ ও 2 – 4 ফোঁটা করে H_2SO_4 যোগ করে উত্তপ্ত করলে মিশ্রণটি প্রথমে লাল ও পরে নীল বর্ণ ধারণ করে। এ নীল দ্রবণকে বিকারে রক্ষিত পাতিত পানিতে যোগ করলে দ্রবণের বর্ণ লাল হয়ে যায়। এ লাল দ্রবণের মধ্যে 4 – 5 ফোঁটা কস্টিক সোডার দ্রবণ যোগ করলে বিকারের দ্রবণের বর্ণ আবার নীল হয়ে যায়।



এ পরীক্ষাটি লিবারম্যান পরীক্ষা নামে পরিচিত।

মনে রাখবে : ১. ফেনলের জলীয় দ্রবণ কার্বলিক এসিড। এটি এসিড হওয়া সত্ত্বেও দুর্বল এসিড কার্বনিক এসিড (H_2CO_3) এর মনোসোডিয়াম লবণ, $NaHCO_3$ ও ডাইসোডিয়াম লবণ, Na_2CO_3 এর সাথে কোন বিক্রিয়া করে না। ফলে CO_2 গ্যাসও উৎপন্ন হয় না। কারণ ফেনল, কার্বনিক এসিড (H_2CO_3) অপেক্ষা অধিক দুর্বল এসিড বলে $NaHCO_3$ ও Na_2CO_3 এর সাথে কোন রূপ বিক্রিয়া করে না এবং CO_2 গ্যাস উৎপন্ন করতে পারে না।

২. যেসব অ্যারোমেটিক যৌগে – OH গ্রুপ সরাসরি বেনজিন বলয়ের সাথে যুক্ত থাকে না তাদেরকে ফেনল বলা হয় না। এদেরকে অ্যারোমেটিক অ্যালকোহল বলে। প্রকৃতপক্ষে এদেরকে অ্যালিফেটিক অ্যালকোহলের অ্যারিল জাতক হিসেবে গণ্য করা হয়। যেমন–



বেনজাইল অ্যালকোহল 2-ফিনাইল ইথানল

২.১৬ নাইট্রোগ্লিসারিন, টি এন টি, ডেটল, প্যারাসিটামল প্রস্তুতি ও ব্যবহার

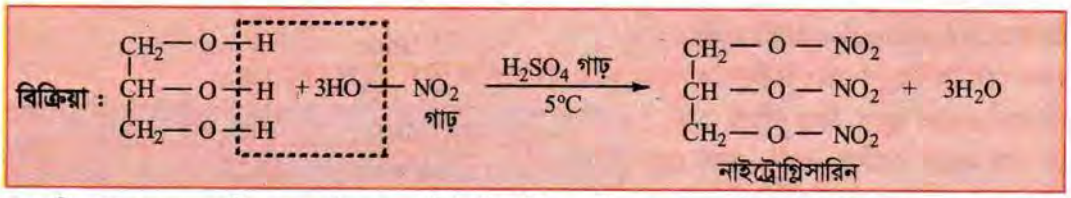
(Preparation of Nitroglyserine, TNT, Detol, Paracetamol & Its Uses)

২.১৬.১ নাইট্রোগ্লিসারিন প্রস্তুতি ও ব্যবহার (Nitroglyserine Preparation & Its Uses)

নাইট্রোগ্লিসারিন একটি শক্তিশালী বিস্ফোরক দ্রব্য। কক্ষ তাপমাত্রায় একটি তরল উপাদান।

প্রস্তুতি : একটি গোলতলী ফ্লাস্কের মধ্যে 7 mL ধূমায়িত H_2SO_4 ও 13 mL গাঢ় HNO_3 নিয়ে মিশ্রণকে বরফ শীতল পানিতে গোলতলী ফ্লাস্কসহ 5°C তাপমাত্রা ঠাণ্ডা করা হয়। এক্ষেত্রে পানি পাত্রের মধ্যে বরফের টুকরাকে রেখে তাপমাত্রা নিয়ন্ত্রণ করা হয়। অতঃপর এ অবস্থায় ফ্লাস্কের মধ্যে প্রায় 20 mL গ্লিসারিনকে ফোঁটায় ফোঁটায় যোগ করা হয়। মিশ্রণকে স্থির অবস্থায় তাপমাত্রা নিয়ন্ত্রণ করে প্রায় 30 মিনিটকাল রেখে দেওয়া হয় ফলে নাইট্রোগ্লিসারিন উৎপন্ন হয়।

বিক্রিয়া :



পৃথকীকরণ : গোলতলী ফ্লাস্কে উৎপন্ন নাইট্রোগ্লিসারিনসহ মিশ্রণকে পৃথকীকরণ ফানেলের সাহায্যে নাইট্রোগ্লিসারিনের স্তরকে পৃথক করে নেওয়া হয়। অতঃপর তাকে 5°C তাপমাত্রার নিচে সংরক্ষণ করা হয়।

ব্যবহার :

১. ঔষধ শিল্পে নাইট্রোগ্লিসারিন ব্যবহার করা হয়। হঠাৎ হৃদপিণ্ডে রক্ত সঞ্চালনে ব্যাঘাত ঘটলে নাইট্রোগ্লিসারিন মুখে স্প্রে হিসেবে ও খাওয়ার ক্যাপসুল হিসেবে ব্যবহার করা হয়। রক্ত সঞ্চালন নালিতে ব্লক ধরা পড়লে নাইট্রোগ্লিসারিন স্প্রে সবসময় সাথে রাখা অতি জরুরি।

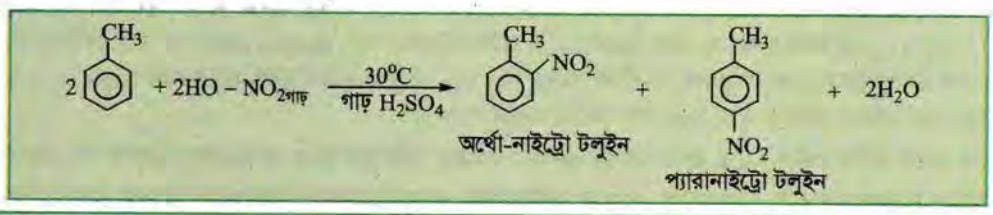
২. নাইট্রোগ্লিসারিন একটি শক্তিশালী বিস্ফোরক দ্রব্য। ডিনামাইট প্রস্তুতিতে একে ব্যবহার করা হয়।

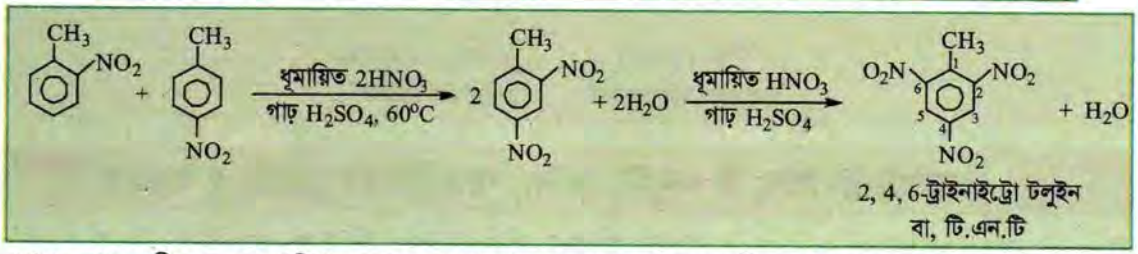
২.১৬.২ | 2, 4, 6-ট্রাইনাইট্রো টলুইন প্রস্তুতি ও ব্যবহার (Preparation of T.N.T & Its Uses)

2, 4, 6-ট্রাইনাইট্রো টলুইন একটি অত্যন্ত শক্তিশালী বিস্ফোরক। এটিকে বেনজিনের সমগ্রোত্রক টলুইন হতে নাইট্রেশন প্রক্রিয়ার মাধ্যমে প্রস্তুত করা হয়। 1863 সালে জার্মান বিজ্ঞানী জুলিয়াস উইলব্রান্ড (Jullius Wilbrand) সর্বপ্রথম TNT প্রস্তুত করেন।

প্রস্তুতি : 250 mL আয়তনের একটি গোলতলী ফ্লাস্কের মধ্যে 50 mL টলুইন এর সাথে 5 mL গাঢ় H_2SO_4 ও 8 mL গাঢ় HNO_3 নেওয়া হয়। ফ্লাস্কের মুখে কর্ক ও থার্মোমিটার এঁটে পানিগ্রাহী নিয়ে 30 °C তাপমাত্রার প্রায় 10 মিনিটকাল উত্তপ্ত করা হয়। ফলে অর্থোনাইট্রো টলুইন ও প্যারানাইট্রো টলুইন উৎপন্ন হয়। মিশ্রণকে ঠাণ্ডা করে ফ্লাস্কের মধ্যে অতিরিক্ত 7 mL ধূমায়িত HNO_3 এসিড যোগ করে পানিগ্রাহী নিয়ে মিশ্রণকে 60 °C তাপমাত্রায় প্রায় 15 মিনিটকাল উত্তপ্ত করলে 2, 4, 6- ট্রাইনাইট্রো টলুইন বা, টি. এন. টি. নামক কেলাসাকার পদার্থ উৎপন্ন হয়।

বিক্রিয়া :





সংগ্রহ : গোলতলী ফ্লাস্ককে পানিগাহ থেকে অপসারণ করে কক্ষ তাপমাত্রায় শীতল করে নেওয়া হয়। অতঃপর একে খুব সাবধানে পৃথক করে নিয়ে পানি দ্বারা ধৌত করে পৃথক করে নেওয়া হয়। TNT হালকা হলুদ বর্ণের কেলাসিত পদার্থ। এর গলনাঙ্ক 81°C।

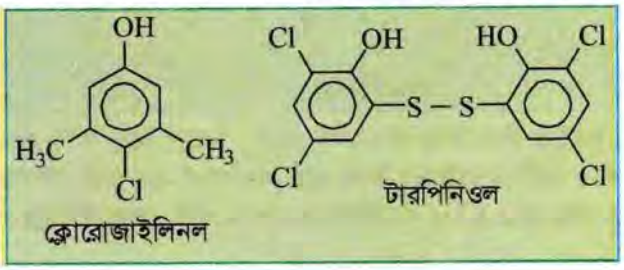
ব্যবহার : TNT একটি মারাত্মক বিস্ফোরক ও বিষাক্ত উপাদান। ডিনামাইট প্রস্তুতির কাঁচামাল হিসেবে একে ব্যবহার করা হয়।

TNT উৎপাদনের ক্ষেত্রে তাপমাত্রা কোন অবস্থাতেই 60 °C এর উপরে নেয়া যাবে না। কারণ TNT একটি বিস্ফোরক পদার্থ। অণুতে অক্সিজেনের আনুপাতিক পরিমাণ যথেষ্ট অধিক হওয়ায় 60 °C তাপমাত্রার উপরে গেলেই অভ্যন্তরীণ দহন ঘটে। এ দহনে হঠাৎ প্রচুর পরিমাণ গ্যাসীয় পদার্থের সৃষ্টি হওয়ায় প্রচণ্ড চাপের সৃষ্টি হয় এবং তীব্রভাবে বিস্ফোরণ ঘটে।

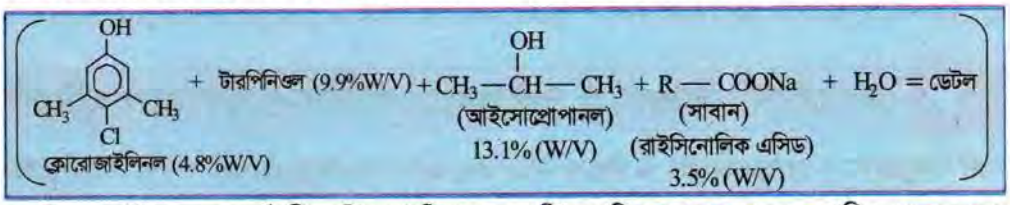
২.১৬.৩ ডেটল প্রস্তুতি ও ব্যবহার (Preparation of Detol & Uses)

ডেটল প্রকৃতপক্ষে কোনো সুনির্দিষ্ট একক জৈব যৌগ নয়। রেকিট বেনকিসার (Reckitt Benckiser) দ্বারা উৎপাদিত এন্টিসেপ্টিক পণ্যসমূহের নাম। এটি একটি ট্রেড নাম, যা ডেটল নামে পরিচিত। যা মূলত এন্টিব্যাক্টেরিয়াল ও এন্টিসেপটিক হিসেবে বিশেষ ভূমিকা রাখে। ওয়াসিং এর কাজেও এর ভূমিকা কম গুরুত্বপূর্ণ নয়।

প্রস্তুতি : ডেটলের মধ্যে মূলত ক্লোরোজাইলিনল (C_8H_9ClO), আইসো প্রোপানল, পাইন অয়েল, ক্যাস্টার অয়েল, সোপ ও পানি বর্তমান থাকে। মূল উপাদান হিসেবে ক্লোরোজাইলিনল থাকে এবং এর পরিমাণ 4.8% (W/V) এবং টারপিনিওল, এর পরিমাণ 9.9% (W/V)। ক্লোরোজাইলিনল আণবিক সংকেত C_8H_9ClO এবং এর গাঠনিক সংকেত :



এর অণুতে – OH গ্রুপ বর্তমান থাকায় ৩টি পানির অণুর সাথে হাইড্রোজেন বন্ধন গঠন করে পানিতে খুবই স্বল্প মাত্রায় দ্রবীভূত হয় এবং এর মান 330 mg L^{-1}। পাইন অয়েল একটি নন পোলার দ্রাবক। পাইন অয়েলে মূলত α-টারপিনল, তবে এর মধ্যে যথেষ্ট টারপিনও থাকে। দ্রবণে এ দ্রাবক যোগ করে ক্লোরোজাইলিনল আরও অধিক পরিমাণে দ্রবীভূত করা হয়। দ্রবণে অতিরিক্ত সাবান (সোপ) যোগ করে দ্রবণকে ক্ষারীয় করা হয় এবং দ্রবণের pH মান 10 এর মধ্যে নিয়ন্ত্রণ করা হয়। ফলে আরও অধিক ক্লোরোজাইলিনল দ্রবীভূত হয় এবং এর পরিমাণ 48 g.L^{-1}। সাবান ক্যাস্টার অয়েল হতে তৈরি, এর মধ্যে রাইসিনোলিক এসিড থাকে যা দ্রাব্যতা গুণ বৃদ্ধি করে। এ পর্যায়ে দ্রবণের মধ্যে প্রয়োজনীয় আইসো প্রোপানল ও পানি যোগ করে ডেটল উৎপাদন সম্পন্ন করা হয়। আইসো প্রোপানল একটি কার্যকরী এন্টিব্যাক্টেরিয়াল উপাদান।



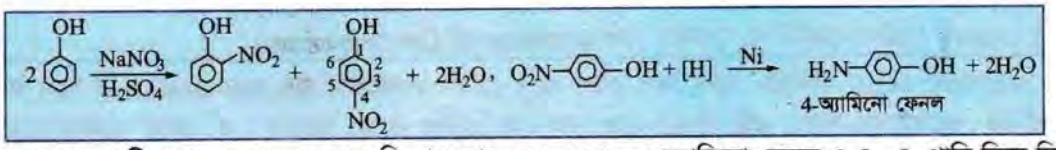
ব্যবহার : ডেটল একটি অত্যন্ত কার্যকরী এন্টিব্যাক্টেরিয়াল ও এন্টিসেপটিক হওয়ায় এর ব্যবহারিক ক্ষেত্র অনেক বিস্তৃত। শরীরের ক্ষতস্থানে, পচনশীল অংশে ও সাধারণ ড্রেসিং এর কাজে হসপিটালে এ উপাদানটিকে দৈনন্দিন ব্যবহার করা হয়। ওয়াসিং এর ক্ষেত্রেও এর ব্যবহার কম গুরুত্বপূর্ণ হয়। পাকা বাড়ির ফ্লোর পরিষ্কারের সময় পানিতে সামান্য দু'চার ফোঁটা ডেটল যোগ করে নিলে ফ্লোর অনেকটাই জীবাণুমুক্ত হয়। কোরবানীর সময় পশুর রক্ত, ময়লা পরিষ্কার করে ঐ স্থান ডেটল পানির দ্রবণ দ্বারা পরিষ্কার করে নেওয়া উচিত।

মনে রাখবে : ডেটল ও স্যাভলন উভয়কেই অ্যান্টিসেপটিকরূপে ব্যবহার করা হলেও এ দুটি উপাদান কিন্তু এক নয়। ডেটল হলো ক্লোরোজাইলিনল ও টারপিনলের অ্যালকোহলীয় সল। আর স্যাভলন হলো ক্লোরোহেক্সিডিন গ্লুকোনেট ও সেট্রিমাইড দ্রবণের মিশ্রণ। এ দুটি উপাদানকে আমরা দৈনন্দিন জীবনে যদিও একটিকে অন্যটির পরিপূরক হিসেবে ব্যবহার করে থাকি।

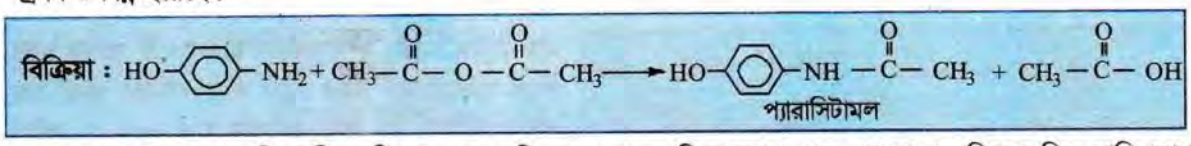
২.১৬.৪ প্যারাসিটামল প্রস্তুতি ও ব্যবহার (Preparation of Paracitamol & Uses)

4-(N- ইথানোয়িল অ্যামিনো) ফেনল বা 4-হাইড্রোক্সি অ্যাসিট্যানিলাইড বা প্যারাসিটামল একটি বেদনানাশক ও জ্বর উপশমকারী ঔষধ।

প্রস্তুতি : একটি 250 mL আয়তনের কনিক্যাল ফ্লাস্কের প্রথমে প্রায় 100 g ফেনলের সাথে 90 g $NaNO_3$ ও 5 mL 2% (W/V) H_2SO_4 কে যোগ করে কক্ষ তাপমাত্রায় প্রায় 10 মিনিট রেখে দাও। এ সময় কাচের দণ্ড দ্বারা দ্রবণকে নাড়াচাড়া করবে। উৎপন্ন 4-নাইট্রোফেনলকে আংশিক কেলাসনের মাধ্যমে পৃথক করার পর Ni প্রভাবকের উপস্থিতিতে H_2 দ্বারা অথবা $NaBH_4$ দ্বারা বিজারিত করে 4-অ্যামিনো ফেনলে পরিণত কর।



এখন পুনরায়, একটি 250 mL আয়তনের কনিক্যাল ফ্লাস্কের মধ্যে 5 g 4-অ্যামিনো ফেনল ও 5 mL পানি নিয়ে মিশ্রণকে কিছুক্ষণ আলোড়িত কর। অতঃপর মিশ্রণের মধ্যে 7·5 mL অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড যোগ করে উত্তমরূপে নাড়াচাড়া করে ভালোমতো মিশিয়ে নাও। পানিগাহে ফ্লাস্কটিকে নিয়ে 85 °C তাপমাত্রায় প্রায় 30 মিনিটকাল উত্তপ্ত কর। দেখবে পরিষ্কার দ্রবণ উৎপন্ন হয়েছে।



সংগ্রহ : এখন দ্রবণকে ধীরে ধীরে শীতল কর। কনিক্যাল ফ্লাস্কের নিচে অধঃক্ষেপ দেখা যাবে। মিশ্রণে কিছু পানি যোগ করে বুকনার ফানেলের সাহায্যে যথারীতি নিয়মে ফিল্টার কর। ফিল্টার কাগজের উপর প্রাপ্ত অধঃক্ষেপ এক করে পানিতে দ্রবীভূত করে পুনরায় স্ফটিক আকারে পৃথক করে নিবে। এক্ষেত্রে প্রায় 6·5 g প্যারাসিটামল পেতে পার। প্যারাসিটামলের গলনাংক 169 °C.

ব্যবহার : প্যারাসিটামল একটি অত্যন্ত ও বহুল প্রচলিত বেদনানাশক ঔষধ। জ্বর নিবারণে একে ব্যবহার করা হয়ে থাকে। প্যারাসিটামল একটি অ্যানালজেসিক (analgesics) বা বেদনানাশক এবং অ্যান্টিপাইরেটিক (antipyretic) বা জ্বর উপশম ঔষধ। এটি নন্-অপিঅয়েড (non-opioid) অর্থাৎ আফিমঘটিত নয়।

পার্শ্বক্রিয়া (side effects) : প্যারাসিটামলের সেবনের ফলে পাকস্থলীয় উত্তেজনা বাড়িয়ে এসিড ক্ষরণের মাত্রাকে বৃদ্ধি করে। ফলে দীর্ঘদিন ও অতিরিক্ত ব্যবহারের ফলে লিভারের কার্যক্ষমতা কমিয়ে দেয়। পেটে ব্যথার সৃষ্টি হয়।

২.১৭ জৈব যৌগের বিশুদ্ধতা ও শনাক্তকরণে গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্কের ভূমিকা

(Purity of Organic Compounds & Role Melting and Boiling point in Its Indentification)

২.১৭.১ জৈব যৌগের বিশুদ্ধতা ও শনাক্তকরণে গলনাঙ্কের ভূমিকা

প্রত্যেক কঠিন বিশুদ্ধ জৈব যৌগের একটি সুনির্দিষ্ট গলনাঙ্ক থাকে। কোনো কঠিন জৈব যৌগ বিশুদ্ধ হলে এর একটি স্থির গলনাঙ্ক থাকে। কিন্তু ঐ কঠিন জৈব যৌগের মধ্যে কোনো ভেজাল থাকলে তার গলনাঙ্কের নির্দিষ্ট মান থাকে না। যৌগটি সুনির্দিষ্ট তাপমাত্রায় না গলে তার গলন প্রক্রিয়া কিছুটা ধীরগতিতে কয়েক ডিগ্রি পর্যন্ত চলে।

উদাহরণস্বরূপ বিশুদ্ধ ইথেন ডাইঅয়িক এসিড বা অক্সালিক এসিড (HOOC – COOH) এর গলনাঙ্ক 101 °C। ইথেন ডাইঅয়িক এসিডের কোনো নমুনা স্থির 101 °C তাপমাত্রায় হঠাৎ গলে গেলে তাকে বিশুদ্ধ বলা যায়। আর নমুনাতে ভেজাল মিশ্রিত থাকলে তার গলন 101 °C এর নিচের যেকোনো তাপমাত্রা হতে শুরু করে কয়েক ডিগ্রি উপরে গিয়ে শেষ হয়। একইভাবে বেনজোয়িক এসিডের গলনাঙ্ক 121 °C। তাই পরীক্ষাগারে কঠিন পদার্থের স্থির গলনাঙ্ক জৈব যৌগের বিশুদ্ধতার প্রধান মানদণ্ডরূপে গ্রহণ করা হয়।

তবে এখানে বিশেষভাবে উল্লেখ করা প্রয়োজন যে, সরবরাহকৃত কঠিন জৈব যৌগের গলনাঙ্ক স্থির হলেও স্থির গলনাঙ্কের কোনো পদার্থ বিশুদ্ধ নাও হতে পারে। পরীক্ষায় প্রাপ্ত ফলাফলে দেখা যায় কখনও কখনও একটি নির্দিষ্ট সংযুক্তির দুটি কঠিন জৈব যৌগের মিশ্রণও স্থির তাপমাত্রায় বিগলিত হয়ে থাকে। এ ধরনের মিশ্রণকে সমগলন মিশ্রণ বলে। তাই জৈব নমুনার বিশুদ্ধতা নিশ্চিত হওয়ার জন্য পরীক্ষাধীন জৈব নমুনার সাথে বিশুদ্ধ জৈব নমুনা মিশ্রিত করে গলনাঙ্ক নির্ণয় করা হয়। এ মিশ্রণটি যদি স্থির তাপমাত্রায় গলে যায় তবে সরবরাহকৃত জৈব নমুনা বিশুদ্ধ।

গলনাঙ্ক : কোনো জৈব যৌগের গলনাঙ্ক বলতে ঐ তাপমাত্রাকে বোঝায় যে তাপমাত্রায় উক্ত যৌগের কঠিন ও তরল উভয় ভৌত অবস্থা সহঅবস্থান করে। যেমন– ইথেন ডাইঅয়িক এসিডের গলনাঙ্ক 101 °C, বেনজোয়িক এসিডের গলনাঙ্ক 121 °C।

২.১৭.২ | জৈব যৌগের বিশুদ্ধতা ও শনাক্তকরণে স্ফুটনাঙ্কের ভূমিকা

প্রত্যেক তরল বিশুদ্ধ জৈব যৌগের একটি সুনির্দিষ্ট স্ফুটনাঙ্ক থাকে। কিন্তু তরল জৈব যৌগের মধ্যে কোনো ভেজাল থাকলে স্ফুটনাঙ্কের মান আর নির্দিষ্ট থাকে না। যৌগটি সুনির্দিষ্ট তাপমাত্রায় বাষ্পে পরিণত না হয়ে তার স্ফুটনের প্রক্রিয়া একটি তাপমাত্রায় শুরু হয়ে ভিন্ন পরিবর্তিত উচ্চ তাপমাত্রায় গিয়ে শেষ হয়। তরল জৈব নমুনার স্ফুটনাঙ্ক নির্ণয় করে তার বিশুদ্ধতার মান সম্পর্কে ধারণা লাভ করা যায়।

অনেক ক্ষেত্রে দেখা যায় সুনির্দিষ্ট স্ফুটনাঙ্ক থাকলেও তরল জৈব নমুনাটি বিশুদ্ধ নাও হতে পারে। কখনও কখনও একাধিক তরল উপাদানের নির্দিষ্ট সংযুক্তির মিশ্রণ স্থির তাপমাত্রায় ফুটতে থাকে। এ জাতীয় মিশ্রণ সমস্ফুটন মিশ্রণ। প্রকৃতপক্ষে তরল জৈব নমুনার বিশুদ্ধতা সম্পর্কে নিশ্চিত হওয়ার জন্য পরীক্ষণীয় নমুনার সাথে বিশুদ্ধ তরল মিশ্রিত করে মিশ্রণের স্ফুটনাঙ্ক নির্ণয় করা হয়। যদি এ মিশ্র তরলের স্ফুটনাঙ্ক স্থির হয় তবে ধরে নেওয়া যেতে পারে সরবরাহকৃত জৈব নমুনাটি বিশুদ্ধ।

স্ফুটনাঙ্ক : যে তাপমাত্রায় কোনো তরল পদার্থের বাষ্পচাপ উক্ত তরলের উপরিস্থিত বায়ুচাপের সমান হয়, সে তাপমাত্রাকে উক্ত তরলটির স্ফুটনাঙ্ক বলে। নির্দিষ্ট বায়ুচাপে প্রত্যেক তরল পদার্থেরই একটি নির্দিষ্ট স্ফুটনাঙ্ক থাকে। যেমন সাধারণ বায়ুচাপে মিথানলের স্ফুটনাঙ্ক 65.5 °C, ইথানলের স্ফুটনাঙ্ক 78.3 °C এবং বেনজিনের স্ফুটনাঙ্ক 80.4 °C।

২.১৮ ব্যবহারিক : শিক্ষার্থীর কাজ : জৈব যৌগের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক নির্ণয়

• জৈব যৌগের গলনাঙ্ক নির্ণয় (Melting Point Determination of Organic Compounds) •

গলনাঙ্ক নির্ণয়ের কার্যপদ্ধতি :

১. যে কঠিন জৈব নমুনার গলনাঙ্ক নির্ণয় করতে হবে তার সামান্য পরিমাণ সূক্ষ্মভাবে চূর্ণ করে একটি কৈশিক নলের (Capillary tube) $\frac{2}{3}$ অংশ পূর্ণ কর।

২. একটি থার্মোমিটার নিয়ে জৈব নমুনাযুক্ত কৈশিক নলটিকে থার্মোমিটারের বাল্বের সামান্য উপরে সুতা দ্বারা ভালোমতো বেঁধে দাও।

৩. একটি টেস্টটিউবের মধ্যে গ্লিসারল (b. p. 290 °C) অথবা এর পরিবর্তে গাঢ় H_2SO_4 (b. p. 338 °C) কে পরিমাণমতো যোগ কর। টেস্টটিউবটিকে স্ট্যান্ডে এঁটে যথা নিয়মে সংযুক্ত কর।

৪. কৈশিক নল যুক্ত থার্মোমিটারটিকে কর্কের সাহায্যে টেস্টটিউবের মুখে এমনভাবে যুক্ত কর যেন কৈশিক নল ও থার্মোমিটারের বেঁধে দেওয়া সুতা যেন H_2SO_4 এর উপরিতলকে স্পর্শ না করে। টেস্টটিউবের নিচে একটি বীকার রেখে তাতে প্রয়োজনীয় পানি রাখ।

৫. বীকারকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত কর এবং কৈশিক নলের ভিতরের কঠিন জৈব নমুনার দিকে লক্ষ রাখ। যদি একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কৈশিক নলে রক্ষিত পদার্থটি হঠাৎ গলে যায় তাহলে ঐ তাপমাত্রাই কঠিন উপাদানের গলনাঙ্ক এবং বুঝতে হবে জৈব উপাদানটি বিশুদ্ধ।

৬. উচ্চ গলনাঙ্ক বিশিষ্ট জৈব যৌগের ক্ষেত্রে পানির পাত্র ব্যবহার না করে সরাসরি পাতন ফ্লাস্কের মধ্যে গ্লিসারল অথবা গাঢ় H_2SO_4 কে নিয়ে পরীক্ষাটি সম্পন্ন করা উচিত।



চিত্র ২.৩৬ : জৈব যৌগের গলনাঙ্ক নির্ণয়ের পরীক্ষা

সাবধানতা :

১. নাড়ন কাঠি দিয়ে ফ্লাস্কের গ্লিসারন বা এসিডকে উত্তাপের সময় নাড়তে হয়। এতে তাপমাত্রা সর্বত্র অভিন্ন থাকে।

২. কাজ শেষে কর্কসহ থার্মোমিটারে তুলে এনে ঠাণ্ডা করে পানি দ্বারা ধুয়ে পরিষ্কার করে যথাস্থানে সংরক্ষণ করতে হয়।

● জৈব যৌগের স্ফুটনাঙ্ক নির্ণয় (Boiling Point Determination of Organic Compounds) ●

স্ফুটনাঙ্ক নির্ণয়ের কার্যপদ্ধতি : স্ফুটনাঙ্ক নির্ণয়ের দুটি প্রচলিত পদ্ধতি আছে।

(ক) সাধারণ পাতন পদ্ধতি ও

(খ) কৈশিক নল পদ্ধতি।

(ক) সাধারণ পাতন পদ্ধতি :

১. একটি পাতন ফ্লাস্কের মধ্যে পরিমাণমতো তরল জৈব নমুনাকে যোগ কর।

২. ফ্লাস্কটিকে স্ট্যান্ডে যথা নিয়মে যুক্ত কর।

৩. ফ্লাস্কের মুখে এক ছিদ্রযুক্ত একটি কর্ক এবং কর্কের মধ্যে একটি থার্মোমিটার এমনভাবে যুক্ত কর যেন থার্মোমিটারের বাল্ব ফ্লাস্কের পার্শ্বনলের বরাবর অবস্থান করে।

৪. ফ্লাস্কটিকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত কর। থার্মোমিটারের পারদের পাঠের দিকে লক্ষ রাখ। যে মুহূর্তে ফ্লাস্কের তরল ফুটতে থাকবে ঐ তাপমাত্রা রেকর্ড কর।



চিত্র ২.৩৭ : স্ফুটনাঙ্ক নির্ণয়ের পরীক্ষা

সাবধানতা : উত্তাপে তরলের বাম্পিং হয়। এ বাম্পিং রোধকের জন্য পাতন ফ্লাস্কের মধ্যে কয়েক টুকরা ভাঙা কাচ দেওয়া যেতে পারে।

২.১৯ পলিমার ও প্লাস্টিসিটি (Polymer & Plasticity)

২.১৯.১ পলিমার ও প্লাস্টিসিটি (Polymer & Plasticity)

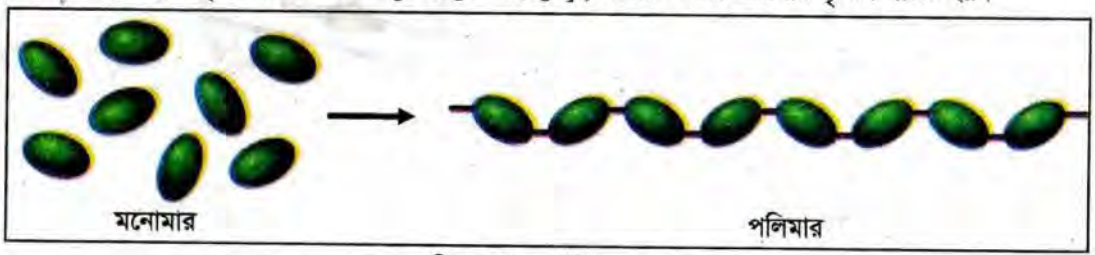
গ্রিক শব্দ পলি (Poly) অর্থ বহু (Many) এবং মারোস (Meros) অর্থ অংশ (Parts) এ দুটি শব্দ থেকেই পলিমার শব্দের উৎপত্তি। প্রকৃতঅর্থে পলিমার বলতে বোঝায় বহু অংশযুক্ত উচ্চ আণবিক ভরসম্পন্ন বৃহদাকার অণু। এক কথায়, বহু অংশ বা খণ্ডবিশিষ্ট অণু। এ কারণে পলিমারকে ম্যাক্রো অণু (Macromolecule) বলা হয়ে থাকে। তবে জেনে রাখা ভালো যে, সব ম্যাক্রো অণু আবার পলিমার নয়। যেমন হীরক, ক্লোরোফিল, সিলিকা, নিউক্লিক এসিড ম্যাক্রো অণু কিন্তু পলিমার নয়, কারণ এদের গঠনকাঠামোতে কোনো সুনির্দিষ্ট একক গঠনের পুনরাবৃত্তি থাকে না। এক্ষেত্রে বহু সংখ্যক ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র অংশ বা খণ্ড পরপর যুক্ত হয়ে পলিমার অণু গঠন করে থাকে। প্রত্যেকটি ক্ষুদ্র অংশকে মনোমার বলা হয়ে থাকে। যেমন, A যদি একটি মনোমার অণু হয় তবে এর পলিমার অণুটি হবে —A—A—A—A—A— বা $+\text{A}+_n$। অর্থাৎ

nA (মনোমার অণু) $\rightarrow -\text{A—A—A—A—A}\longrightarrow +\text{A}+_n$ (পলিমার অণু)। 'n' হলো পলিমারে উপস্থিত মনোমার অণুর সংখ্যা, যার মান 10,000 হতে কয়েক লক্ষ পর্যন্ত হতে পারে। বাস্তব উদাহরণ হিসেবে ইথিলিনের পলিমার অণু পলিইথিলিন।

$n[CH_2 = CH_2]$ (ইথিলিন) $\longrightarrow +CH_2—CH_2+_n$ (পলিইথিলিন)

বা, $n[CH_2 = CH_2] \rightarrow +\overbrace{CH_2—CH_2}\overbrace{CH_2—CH_2}\overbrace{CH_2—CH_2}\overbrace{CH_2—CH_2}+_n$

পলিইথিলিন অণুর পুনরাবৃত্তি এককটি হলো $+CH_2—CH_2+$, যা দ্বারা সমগ্র পলিমার শৃঙ্খল গঠিত হয়।



চিত্র ২.৩৮ : পলিমারকরণ

পলিথিন বা পলিইথিলিন (Polythene or Polyethylene) : এটি ইথিলিনের সংযোজন পলিমার। দুই ধরনের পলিইথিলিন হয়। একটি উচ্চ ঘনত্বের পলিইথিলিন এবং অপরটি নিম্ন ঘনত্বের পলিইথিলিন। পলিমারকরণের শর্তের ভিন্নতার কারণে এ ধরনের পলিমার অণুর সৃষ্টি হয়।

(ক) উচ্চ ঘনত্বের পলিইথিলিন (High Density Polyethylene) : একে সংক্ষেপে HDP বলা হয়। ইথিন গ্যাসকে 130° – 140°C তাপমাত্রায়, 6 – 7 atm চাপে প্রভাবক $TiCl_4$ ও $Al(C_2H_5)_3$ এর উপস্থিতিতে সংযোজন পলিমারকরণের মাধ্যমে উচ্চ ঘনত্বের পলিইথিলিন উৎপাদন করা হয়।

$$\underset{\text{ইথিন}}{nCH_2 = CH_2} \xrightarrow[\substack{6-7\ atm \\ TiCl_4 \text{ ও } Al(C_2H_5)_3}]{130-140^\circ C} \underset{\text{HDP}}{+CH_2 - CH_2+_n}$$

বৈশিষ্ট্য : উচ্চ ঘনত্বের পলিইথিলিনের কিছু বৈশিষ্ট্য থাকে যা একে নিম্ন ঘনত্বের পলিইথিলিনের থেকে পৃথক করে থাকে।

১. এটি সরল শিকল যুক্ত পলিমার অণু।

২. এর ঘনত্ব $\approx 0.97\ g\ cm^{-3}$।

৩. এটির গলনাঙ্ক 130°C বা 403 K।

৪. এটি একটি স্বচ্ছ পলিমার।

৫. এটি রাসায়নিকভাবে নিষ্ক্রিয়। এর সান্দ্রতা ও সম্প্রসারণশীলতা LDP অপেক্ষা অধিক।

৬. একে কনটেইনার, পাইপ, বোতল, ব্যাগ, খেলনা, ডাস্টবিন প্রভৃতি তৈরিতে ব্যবহার করা হয়।

(খ) নিম্ন ঘনত্বের পলিইথিলিন (Low Density Polyethylene) : একে সংক্ষেপে LDP বলা হয়। ইথিন গ্যাসকে 75° – 350 °C তাপমাত্রায়, 1000 – 1500 atm চাপে সামান্য O_2 গ্যাসের বা পারঅক্সাইড যৌগের উপস্থিতিতে সংযোজন পলিমারকরণের মাধ্যমে উচ্চ ঘনত্বের পলিইথিলিন উৎপাদন করা হয়।

$$nCH_2 = CH_2 \xrightarrow[\substack{1000-1500\ atm \\ O_2}]{75^\circ C - 350^\circ C} \underset{\text{LDP}}{+CH_2 - CH_2+_n}$$

বৈশিষ্ট্য : নিম্ন ঘনত্বের পলিইথিলিনের বেশকিছু বৈশিষ্ট্য থাকে যা উচ্চ ঘনত্বের পলিইথিলিন থেকে একে পৃথক করে থাকে।

১. এটি শাখা শিকল যুক্ত পলিমার অণু গঠন করে।

২. এর ঘনত্ব $\approx 0.92\ g\ cm^{-3}$।

৩. এর গলনাঙ্ক 110 °C।

৪. এটি খুবই স্বচ্ছ একটি পলিমার।

৫. এটি রাসায়নিকভাবে নিষ্ক্রিয়।

৬. একে বিভিন্ন দ্রব্যের মোড়কের কাজে, পাতলা সিট তৈরিতে, বৈদ্যুতিক তারের ইন্সুলেশনের কাজে ব্যবহার করা হয়।

ভিনাইল ক্লোরাইড ($CH_2 = CHCl$) এর পলিমার অণু পলিভিনাইল ক্লোরাইড $+CH_2 - CHCl+_n$

$n[CH_2 = \underset{|}{\overset{Cl}{CH}}\ ]$ (ভিনাইল ক্লোরাইড) $\rightarrow +CH_2 - \underset{|}{\overset{Cl}{CH}}+_n$ (পলিভিনাইল ক্লোরাইড)। একইভাবে প্রোপিন ($CH_2 = CH - CH_3$) এর পলিমার অণু পলিপ্রোপিন।

$$n[CH_2 = \underset{|}{\overset{CH_3}{CH}}\ ] \rightarrow +CH_2 - \underset{|}{\overset{CH_3}{CH}} - CH_2 - \underset{|}{\overset{CH_3}{CH}} - CH_2 - \underset{|}{\overset{CH_3}{CH}}+_n \text{----}$$

প্রোপিন — পলিপ্রোপিন

স্ট্যারিন ($CH_2 = \underset{|}{\overset{C_6H_5}{CH}}$) এর পলিমার অণু পলিস্ট্যারিন $+CH_2 - \underset{|}{\overset{C_6H_5}{CH}}+_n$

$$n[CH_2=\underset{\text{স্ট্যারিন}}{\underset{|}{\overset{C_6H_5}{CH}}}] \rightarrow \underset{\text{পলিস্ট্যারিন}}{+CH_2-\underset{|}{\overset{C_6H_5}{CH}}-CH_2-\underset{|}{\overset{C_6H_5}{CH}}-CH_2-\underset{|}{\overset{C_6H_5}{CH}}+_n}$$

টেট্রাফ্লোরোইথিলিন ($CF_2=CF_2$) এর পলিমার অণু পলিটেট্রাফ্লোরোইথিলিন বা টেফলন $+CF_2-CF_2+_n$।

পলি টেট্রাফ্লোরো ইথাইলিন বা টেফলন (PTFE) : টেফলন হলো টেট্রাফ্লোরো ইথাইলিন এর পলিমার। উচ্চ চাপ ও তাপমাত্রায় পলিমারিক এজেন্ট অ্যামোনিয়াম পারঅক্সিসালফেট $[(NH_4)_2S_2O_8]$ এর উপস্থিতিতে সংযোজন পলিমারকরণের মাধ্যমে টেফলন উৎপাদন করা হয়।

$$\underset{\text{টেট্রাফ্লোরো ইথাইলিন}}{nCF_2=CF_2} \xrightarrow[\text{চাপ ও তাপ}]{(NH_4)_2S_2O_8} \underset{\text{টেফলন}}{+CF_2-CF_2+_n}$$

$$\underset{\text{টেট্রাফ্লুরোইথিলিন}}{n[CF_2=CF_2]} \rightarrow \underset{\text{পলিটেট্রাফ্লোরোইথিলিন বা টেফলন}}{+CF_2-CF_2-CF_2-CF_2-CF_2-CF_2+_n}$$

টেফলন বিদ্যুৎ, তাপ ও রাসায়নিক পদার্থ প্রতিরোধী এবং খুবই কম পরিমাণে জলীয় বাষ্প শোষণ করে বলে এর ব্যবহারিক ক্ষেত্রে অনেক বেশি ইনসুলেটর, বৈদ্যুতিক যন্ত্রাংশ উৎপাদনে টেফলনকে ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

প্রত্যেকটি পলিমারের আণবিক ভরের একটি নিম্নসীমা থাকে, যার নিচে থাকলে এদের প্লাস্টিসিটি গুণ থাকে না। আর বেশি হলে এ গুণ স্থির হয়ে যায়। খুবই কম আণবিক ভরবিশিষ্ট পলিমারকে টার পলিমার (Tar polymer), কম আণবিক ভরবিশিষ্ট পলিমারকে অলিগোমার (Oligomer), উচ্চ আণবিক ভরবিশিষ্ট পলিমারকে উচ্চ পলিমার (High polymer) এবং অতি উচ্চ আণবিক ভরবিশিষ্ট পলিমারকে আলট্রা হাই পলিমার (Ultra high polymer) বলা হয়ে থাকে।

পলিমারের শ্রেণিবিভাগ : উৎসের উপর ভিত্তি করে পলিমারকে তিন ভাগে ভাগ করা হয়ে থাকে। যথা :

(ক) প্রাকৃতিক পলিমার, (খ) কৃত্রিম পলিমার এবং (গ) অর্ধকৃত্রিম পলিমার।

(ক) প্রাকৃতিক পলিমার : সাধারণভাবে প্রকৃতি অর্থাৎ উদ্ভিদ ও প্রাণী থেকে প্রাপ্ত পলিমার এ জাতীয় পলিমার। যেমন প্রাকৃতিক রাবার, স্টার্চ, সেলুলোজ ইত্যাদি।

(খ) কৃত্রিম পলিমার : পরীক্ষাগারে কৃত্রিমভাবে প্রস্তুতকৃত পলিমারসমূহ এ জাতীয় পলিমার। যেমন পলিইথিলিন, পলিস্ট্যারিন, পলিভিনাইল ক্লোরাইড, নাইলন, টেরিলিন ইত্যাদি।

(গ) অর্ধকৃত্রিম পলিমার : প্রাকৃতিক পলিমারকে বিভিন্ন রাসায়নিক প্রক্রিয়ার মাধ্যমে পরিবর্তিত করে এ জাতীয় পলিমার উৎপন্ন করা হয়ে থাকে। যেমন

হাইড্রোজেনেটেড প্রাকৃতিক রাবার, হ্যালোজেনেটেড প্রাকৃতিক রাবার, সেলুলোজ অ্যাসিটেট, সেলুলোজ নাইট্রেট ইত্যাদি।

পলিমার অণুতে মনোমার এককের গঠন প্রকৃতির উপর ভিত্তি করে একে দুভাগে ভাগ করা হয়ে থাকে। যথা :

(ক) যুত পলিমার বা হোমো পলিমার এবং (খ) কনডেনসেশন পলিমার বা কো পলিমার।

(ক) যুত পলিমার বা হোমোপলিমার : যুত বিক্রিয়ার মাধ্যমে মনোমার অণুগুলো সরাসরি রাসায়নিক সংযোগের ফলে উৎপন্ন পলিমার এ জাতীয় পলিমার। সাধারণভাবে কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন অথবা ত্রিবন্ধন যুক্ত অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনে বা তাদের জাতকের মনোমার অণুগুলো এ জাতীয় পলিমার উৎপন্ন করে থাকে। এক্ষেত্রে একই প্রকার মনোমার অণু দ্বারা পলিমার অণুর সৃষ্টি হয়। যেমন

(i) ইথিলিন ($CH_2=CH_2$) হতে পলিইথিলিন $+CH_2-CH_2+_n$

(ii) ভিনাইল ক্লোরাইড ($CH_2=CHCl$) হতে পলি ভিনাইল ক্লোরাইড $+CH_2-\underset{|}{\overset{Cl}{CH}}+_n$

PVC : নিষ্ক্রিয় দ্রাবকের মধ্যে ভিনাইল ক্লোরাইডকে দ্রবীভূত করে ডাইবেনজয়েল পারঅক্সাইড (dibenzoyl peroxide) এর উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করলে সংযোজন পলিমারকরণের মাধ্যমে পলিভিনাইলক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$n CH_2 = \underset{Cl}{CH} \xrightarrow[\text{পারঅক্সাইড}]{\text{ডাইবেনজয়েল}} \underset{Cl}{+CH_2 - CH+_n}$$

তাপ

পলিভিনাইল ক্লোরাইড খুব শক্ত ধরনের পলিমার। তবে এর মধ্যে বিভিন্ন ধরনের প্লাস্টিসাইজার (plasticizer) যোগ করে একে ব্যবহার উপযোগী করা হয়। এটি রাসায়নিক উপাদানের প্রতিরোধক ও তাপ সহনশীল। রেইনকোট, হাত ব্যাগ, খেলনা, হোসপাইপ, গ্রামোফোন রেকর্ডার, বৈদ্যুতিক তারের ইনসুলেটর হিসেবে এবং ফুলদানি তৈরিতে ব্যবহার করা হয়।

(iii) স্ট্যারিন ($CH_2 = \underset{C_6H_5}{CH}$) হতে পলিস্ট্যারিন $+CH_2 - \underset{C_6H_5}{CH}+_n$,

(iv) প্রোপিন ($CH_2 = \underset{CH_3}{CH}$) হতে পলিপ্রোপিন $+CH_2 - \underset{CH_3}{CH}+_n$

(v) টেট্রা ফ্লোরোইথিলিন ($CF_2 = CF_2$) হতে পলিটেট্রাফ্লোরো ইথিলিন বা টেফলন $+CF_2 - CF_2+_n$ ইত্যাদি (যা পূর্বেই আলোচনা করা হয়েছে) এ জাতীয় পলিমারের উদাহরণ।

(খ) কনডেনসেশন পলিমার বা কো-পলিমার : দুই বা ততোধিক ভিন্ন কার্যকরী মূলকযুক্ত মনোমার অণু পরস্পরের সাথে যুক্ত হয়ে এ জাতীয় পলিমার অণুর সৃষ্টি করে থাকে। তবে এ জাতীয় পলিমার অণুর সৃষ্টির সময় H_2O, NH_3 অ্যালকোহল বা অন্য কোনো অণুর অপসারণ ঘটে থাকে। যেমন নাইলন 6, 6, Buna-S, পলিএস্টার, পলিঅ্যামাইড, পলিফসফোনেট, পলিকার্বনেট ইত্যাদি এ জাতীয় পলিমারের উদাহরণ।

(i) নাইনল 6, 6 : অ্যাডিপিক এসিড $HOOC-(CH_2)_4-COOH$ ও হেক্সামিথিলিন ডাইঅ্যামিন $H_2N-(CH_2)_6-NH_2$ এ দুটি মনোমার অণু হতে পানির অণুর অপসারণের ফলে নাইনল 6, 6 পলিমার অণুর সৃষ্টি হয়।

$$n.HOOC-(CH_2)_4-COOH + n.H_2N-(CH_2)_6-NH_2 \longrightarrow$$

অ্যাডিপিক এসিড হেক্সামিথিলিন ডাইঅ্যামিন

$$+CO-(CH_2)_4-CO-NH-(CH_2)_6-NH+_n + 2nH_2O$$

নাইনল 6, 6

(ii) পলিইথিলিন টেরিথ্যালেট : বেনজিন-1, 4-ডাই কার্বক্সিলিক এসিড বা থ্যালিক এসিড ও ইথেন – 1, 2-ডাইঅল বা ইথিলিন গ্লাইকল এ দুটি মনোমার অণু হতে পানির অণুর অপসারণের ফলে পলিইথিলিন টেরিথ্যালেট পলিমার অণুর সৃষ্টি হয়। এটি বাজারে ডেক্রন বা টেরিলিন নামে পরিচিত।

$$n[HOOC-C_6H_4-COOH] + n[HO-CH_2-CH_2-OH] \longrightarrow$$

$$HO+C(=O)-C_6H_4-C(=O)-O-CH_2-CH_2+_n OH + nH_2O$$

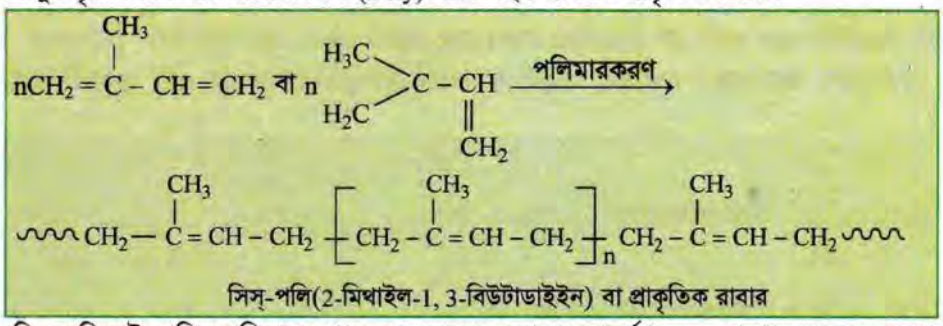
পলিইথিলিন টেরিথ্যালেট

[৯৮] প্রয়োগের দিক থেকে বিবেচনা করলে পলিমারকে তিনটি শ্রেণিতে ভাগ করা হয়ে থাকে। যথা–

(ক) রবার (Rubber) : সাধারণ অবস্থায় এদের উপর টান বা পীড়ন (strees) প্রয়োগ করলে এদের আকারের বিকৃতি ঘটে কিন্তু টান বা পীড়ন সরিয়ে নিলে পুনরায় পূর্বের আকার বা অবস্থায় ফিরে আসে। যেমন– প্রাকৃতিক রবার, পলিবিউটাডাইইন রবার, স্ট্যারিনবিউটাডাইইন রবার, পলিক্লোরোপ্রিন রবার প্রভৃতি এ জাতীয় পলিমারের উদাহরণ। এ জাতীয় পলিমার অনিয়তাকার ও উচ্চ আণবিক ভর সম্পন্ন হয়। এদের প্রসারণশীলতা ও টানশক্তির মান খুবই উচ্চ এবং এ মান 300 psi হতে 3000 psi পর্যন্ত হয়ে থাকে।

(খ) প্রাকৃতিক রবার : রবার প্রাকৃতিক পলিমার। এর মধ্যে ইলাস্টিক (elastic) ধর্ম বর্তমান। একে রবার গাছ থেকে সংগ্রহ করা হয়। রবার গাছের বাকলকে বা কাণ্ডকে কাটলে সেখান থেকে সাদা বর্ণের ঘন তরল বেরিয়ে আসে। এ ঘন তরল পদার্থটি মূলত পানিতে রবারের সাসপেনশন।

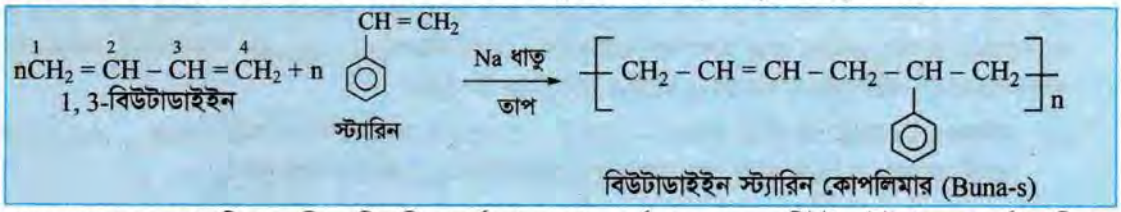
প্রাকৃতিক রবার 2-মিথাইল-1, 3-বিউটাডাইইন বা আইসোপ্রিন (isoprene) এর সরল পলিমার। একে সিস্-1, 4-পলিআইসোপ্রিনও বলা হয়। সাধারণভাবে প্রায় 5000 আইসোপ্রিন মনোমারিক ইউনিট যুক্ত হয়ে এ জাতীয় পলিমার অণুর সৃষ্টি করে। এটি বাজারে পলি (Poly) নামে বহুল প্রচলিত প্রাকৃতিক রবার।



সিস্-পলি(2-মিথাইল-1, 3-বিউটাডাইইন) বা প্রাকৃতিক রাবার

সিস পলিআইসোপ্রিন পলিমার অণুর মধ্যে ভ্যান্ডার ওয়ালস্ আকর্ষণ বলের প্রভাবে সংযুক্ত হয়ে কয়েল আকৃতির গঠন সৃষ্টি করে থাকে। এটি খুবই আর্দ্রতা নিরোধী উপাদান এবং পানিতে সিক্ত হয় না।

(গ) বুনা-S (Buna-S) : 1, 3-বিউটাডাইইন ও স্ট্যারিন এর মিশ্রণকে পলিমারিক এজেন্ট ধাতব Na এর উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করলে বিউটাডাই-ইন স্ট্যারিনের কোপলিমার উৎপন্ন হয়। একে বুনা-S (Buna-S) বলা হয়।

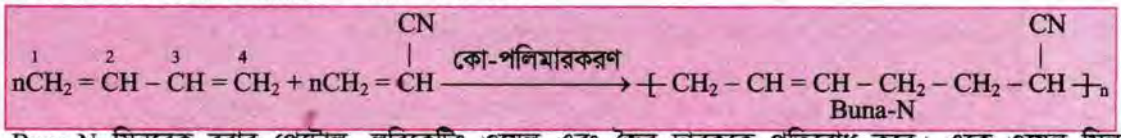


বিউটাডাইইন স্ট্যারিন কোপলিমার (Buna-s)

এক্ষেত্রে Buna-s শব্দটির একটি আভিধানিক অর্থ আছে। Bu অর্থ Butadiene (বিউটাডাইইন), na অর্থ সোডিয়াম, এটি একটি পলিমারিক এজেন্ট এবং s অর্থ স্ট্যারিন (styrene)। এ কোপলিমারটি স্ট্যারিন বিউটাডাইন রাবার (styrene butadiene rubber) বা সংক্ষেপে SBR নামে বহুল প্রচলিত।

এটিই প্রধানত মটরগাড়ির টায়ার উৎপাদনে, রবার সোল প্রস্তুত করতে, বেল্ট উৎপাদনের প্রধান উপাদান হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

(ঘ) বুনা-এন (Buna-N) : 1, 3 বিউটাডাইইন ও অ্যাক্রাইল নাইট্রাইলকে পারঅক্সাইড প্রভাবকের উপস্থিতিতে পলিমারকরণের মাধ্যমে Buna-N উৎপাদন করা হয়।

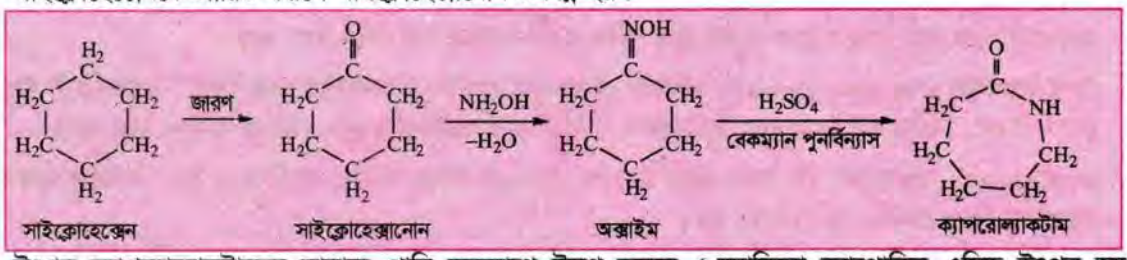


Buna-N সিনবেক রবার পেট্রোল, লুব্রিকেটিং ওয়েল এবং জৈব দ্রাবককে প্রতিরোধ করে। একে ওয়েল সিল উৎপাদনের ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হয়।

(ঙ) প্লাস্টিক (Plastic) : পলিমারের উপর টান বা পীড়ন প্রয়োগের ফলে যেসব পলিমারের আকারের স্থায়ী পরিবর্তন ঘটে, তাদের প্লাস্টিক বলা হয়ে থাকে। প্লাস্টিক জাতীয় পদার্থগুলো আংশিক কেলাসাকার এবং রবারের তুলনায় বেশি শক্তিশালী হয়। তবে বেশ কিছু প্লাস্টিক আবার শক্ত, দৃঢ় ও অনমনীয়। যেমন– পলিস্ট্যাইরিন, ফেনল – ফরমালডিহাইড রেজিন, ইউরিয়া – ফরমালডিহাইড রেজিন ইত্যাদি। আবার কিছু প্লাস্টিক আছে যেগুলো নরম, কোমল ও নমনীয়। যেমন– পলিইথিলিন, পলিপ্রোপিলিন বা পলি, পলিভিনাইল অ্যাসিটেট ইত্যাদি। প্লাস্টিক জাতীয় পদার্থগুলো রবারের তুলনায় কম প্রসারণশীল এবং এদের টানশক্তির মান সাধারণত 4000 psi হতে 15000 psi হয়ে থাকে।

(চ) **তন্তু (Fiber) :** এদের ক্ষেত্রে, এদের দৈর্ঘ্য ও ব্যাসের অনুপাত অন্ততপক্ষে 100 হতে হয়। তবে কৃত্রিমভাবে প্রস্তুত তন্তুর ক্ষেত্রে এ মান 3000 পর্যন্ত হতে পারে। এক্ষেত্রে পলিমার অণুগুলো রৈখিক শৃঙ্খলযুক্ত হয়ে থাকে। এদের পলিমার অণুতে বর্তমান হাইড্রোজেন বন্ধন অণুকে আরও সুদৃঢ় করে থাকে। যেমন– তুলা, রেশম, পশম, পাট, টেরিলিন, সিল্ক, নাইলন প্রভৃতি তন্তু জাতীয় পলিমারের উদাহরণ।

নাইলন-6 বা পারলন (Nylon-6 or Perlon) : মনোমার ক্যাপরোল্যাকটাম (caprolactum) থেকে নাইলন-6 কনডেনসেশন পলিমার উৎপাদ করা হয়। সাইক্লোহেক্সেন থেকে ক্যাপরোল্যাকটাসকে উৎপন্ন করা হয়। সাইক্লোহেক্সেনকে জারিত করলে সাইক্লোহেক্সানোন উৎপন্ন হয়।



উৎপন্ন ক্যাপরোল্যাকটামকে সামান্য পানি সহযোগে উত্তপ্ত করলে 6-অ্যামিনো ক্যাপোরিক এসিড উৎপন্ন হয়। ক্যাপোরিক এসিডকে উত্তপ্ত করলে স্ব-ঘনীকরণ প্রক্রিয়ায় নাইনল-6 পলিমার অণু উৎপন্ন হয়।



সুতা ও রশি প্রস্তুত করতে নাইলন-6 ব্যবহার করা হয়।

পলিমারের বৈশিষ্ট্য :

১. পলিমারের ঘনত্ব ধাতব পদার্থের তুলনায় অনেক কম। তাই পলিমারের তৈরি দ্রব্য হালকা হয়।
২. এরা তাপ ও বিদ্যুৎ অপরিবাহী।
৩. সাধারণত পানিতে অদ্রবণীয় কিন্তু জৈব দ্রাবকে দ্রবণীয়।
৪. এরা বর্ণহীন, স্বচ্ছ বা অস্বচ্ছও হতে পারে।
৫. এদের সুনির্দিষ্ট কোনো গলনাঙ্ক বা স্ফুটনাঙ্ক থাকে না।
৬. পলিমারের গলনাঙ্ক ধাতু বা সিরামিকের তুলনায় অনেক কম। পলিমারের গলনাঙ্ক সাধারণত 100° – 300 °C এর মধ্যে হয়ে থাকে। অল্প তাপশক্তি খরচ করে পণ্য উৎপাদন করা যায়।
৭. পলিমার দ্রবণের সান্দ্রতা উচ্চমানের হয়ে থাকে।

মনে রাখবে : কোনো অজ্ঞাত উপাদানের কিছু পরিমাণকে নিয়ে উপযুক্ত দ্রাবকে দ্রবীভূত করে দ্রবণের সান্দ্রতা পরিমাপ করলে যদি দেখা যায় যে, দ্রবণের সান্দ্রতা দ্রাবকের তুলনায় অনেক বেশি তাহলে বুঝতে হবে উপাদানটি পলিমার অণু। অজানা উপাদানটি পলিমার কিনা তা জানার এটিই সহজ উপায়।

২.১৯.২ পলিমারের সংশ্লিষ্ট কিছু প্রয়োজনীয় উপাদান (Some Necessary Substance in Polymer)

পলিমার সৃষ্টির ক্ষেত্রে বেশ কিছু প্রয়োজনীয় উপাদানকে ব্যবহার করা হয়। মূলত পলিমারকে ব্যবহার উপযোগী, স্থায়ি, দৃঢ়ও দৃষ্টি নন্দন করার জন্য এসব প্রয়োজনীয় উপাদান যোগ করার প্রয়োজন হয়।

১. **পরিপূরক (Fillers) :** পলিমারের সাথে বিভিন্ন জৈব ও অজৈব উপাদান মিশ্রিত করে পলিমারের স্বাভাবিক ধর্মের পরিবর্তন ঘটানো হয়। এসব উপাদানকে পরিপূরক বা ফিলার বলা হয়। পলিমারের বিভিন্ন ভৌত ধর্মের পরিবর্তনের উদ্দেশ্যে গ্রাফাইট চূর্ণ, কার্বন ব্লাক, মাইকা চূর্ণ, Al চূর্ণ, Fe চূর্ণ ইত্যাদি মিশ্রিত করা হয়। ফলে পলিমার আরও ব্যবহার উপযোগী হয়।

২. **দৃঢ়তাকারক (Hardeners) :** পলিমারকে আরও সুদৃঢ় ও মজবুত করার উদ্দেশ্যে পলিমারের মধ্যে বেশ কিছু উপাদানকে যোগ করার প্রয়োজন হয়। এরা মূলত পলিমার অণুর মধ্যে যুক্ত হয়ে পলিমার শৃঙ্খলের মধ্যে আড়াআড়ি বন্ধনের সৃষ্টি করে। সালফার (S) যুক্ত করে পলিমারের দৃঢ়তাকে বৃদ্ধি করা হয়।

৩. **জারণ প্রতিরোধক (Antioxidants) :** সাধারণত তাপ প্রয়োগের ফলে বেশিরভাগ পলিমারই জারিত হয়ে অন্য উপাদানে পরিবর্তিত হয়। এটি একটি বড় ধরনের সমস্যা। পলিমার যাতে তাপ প্রয়োগের সময় কোনোভাবে জারিত না হয়, তার জন্য পলিমারের মধ্যে কিছু জারণ প্রতিরোধক পদার্থ ব্যবহার করা হয়। এ কাজের জন্য বিভিন্ন অ্যারোমেটিক অ্যামিন ও অ্যামিনো ফেনল অতি উত্তম। এরা জারণ প্রতিরোধক পদার্থ হিসেবে ব্যবহৃত হয়। তাপ প্রয়োগের সময় এরা নিজেরা দ্রুত জারিত হয়ে পলিমারকে জারণের হাত থেকে রক্ষা করে।

৪. **ফেনা উৎপাদক (Foaming agents) :** পলিমার থেকে নরম প্লাস্টিক উৎপাদনের সময় ফেনা উৎপাদনকারী উপাদান যুক্ত করা হয়। বিভিন্ন ধরনের সাবান, ডিটারজেন্ট ও টারসিয়ারি অ্যামিনসমূহকে এ কাজে ব্যবহার করা হয়।

৫. **রং (Colour) :** পলিমারকে দৃষ্টি নন্দন করার উদ্দেশ্যে এর সাথে বিভিন্ন ধরনের রং মিশানো হয়। এক্ষেত্রে জৈব রং ও অজৈব রং উভয় প্রকারের রং মিশানো হয়।

এছাড়াও পলিমারের আণবিক ভর, ঘনত্ব, দৈর্ঘ্য, দৈর্ঘ্যে শাখা যুক্ত করার ক্ষেত্রে বিভিন্ন ধরনের প্রভাবক ও নিয়ামক ব্যবহার করা হয়। প্রভাবক হিসেবে জিগলার–ন্যাটা প্রভাবক, সিলিকা, অ্যালুমিনা, Cr_2O_3, Ni, Co ও Mn ব্যবহার করা হয়।

২.২০ সংযোজন ও ঘনীভবন পলিমারকরণ বিক্রিয়া
(Addition and Condensation Polymerisation reactions)

সাধারণভাবে অ্যালকিন ও অন্যান্য প্রতিস্থাপিত অ্যালকিনসমূহ উচ্চচাপ, উচ্চতাপ ও প্রভাবকের উপস্থিতিতে এক অণু অপর অণুর সাথে পরপর যুক্ত হয়ে উচ্চ আণবিক ভর বিশিষ্ট যৌগ গঠন করে। এ উচ্চ আণবিক ভরবিশিষ্ট যৌগটি হলো পলিমার এবং মূল মাতৃযৌগটি হলো মনোমার। আর পলিমার সৃষ্টির প্রক্রিয়াটি হলো পলিমারকরণ বিক্রিয়া। যেমন,

$$n CH_2 = CH_2 \xrightarrow[200°C,\ \text{প্রভাবক } O_2]{1000 - 1200\ atm} (-CH_2 - CH_2-)_n \text{ ; এখানে } n = 600 - 1000.$$

ইথিন (মনোমার) পলিথিন (পলিমার)

পলিমারকরণ বিক্রিয়া মূলত দু'প্রকারের; যেমন, (১) সংযোজন পলিমারকরণ ও (২) ঘনীভবন পলিমারকরণ।

২.২০.১ সংযোজন পলিমারকরণ বিক্রিয়া (Addition Polymerisation Reactions)

এ জাতীয় পলিমারকরণ বিক্রিয়ায় মনোমার অণুসমূহ কোনো পদার্থের অপসারণ ব্যতীত পরস্পরের সাথে যুক্ত হয়ে দীর্ঘ শিকল পলিমার গঠন করে এবং গঠিত পলিমার এক আণবিক ভরবিশিষ্ট মনোমার অণুর আণবিক ভরের পূর্ণ গুণিতক হয়। একই কার্যকরী মূলক যুক্ত মনোমার যেমন, অ্যালকিন, প্রতিস্থাপিত অ্যালকিন, ভিনাইল যৌগ, অ্যালকাইন, অ্যালডিহাইড প্রভৃতি সংযোজন পলিমারকরণ বিক্রিয়া প্রদর্শন করে থাকে।

উদাহরণ : $n CH_2 = CH_2 \xrightarrow[200°C,\ \text{প্রভাবক } O_2]{1000 - 1200\ atm} +CH_2 - CH_2+_n$, এখানে, $n = 600 - 1000$.

ইথিন পলিথিন

$$3CH \equiv CH \xrightarrow[\text{প্রভাবক Fe চূর্ণ}]{450°C} C_6H_6 \text{ ;}$$

ইথাইন বেনজিন

$$n\,H-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H \xrightarrow{\text{বাষ্পীকরণ}} \left(-\overset{\overset{H}{|}}{\underset{\underset{H}{|}}{C}}-O-\right)_n$$

পলিমিথান্যাল প্লাস্টিক

সংযোজন পলিমারকরণ বিক্রিয়ার মাধ্যমে উৎপন্ন ও ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত কয়েকটি উল্লেখযোগ্য পলিমার হলো–

ক. **পলিথিন :** ইথিন গ্যাসকে 1000 – 1200 atm চাপ প্রয়োগ করে তরলে পরিণত করে সামান্য O_2 এর উপস্থিতিতে 200°C তাপমাত্রার উত্তপ্ত করলে ইথিলিনের অসংখ্য অণু প্রায় 600 – 1000 অণু পরস্পর সংয়োজিত হয়ে যুত পলিমার পলিথিন গঠন করে।

$$n\,CH_2 = CH_2 \xrightarrow[200°C,\ \text{প্রভাবক } O_2]{1000 - 1200\ atm} \{-CH_2 - CH_2-\}_n$$ এখানে n = 600 – 1000.

পলিথিন সাদা, অস্বচ্ছ ও শক্ত প্লাস্টিক পদার্থ। এর ব্যবহার খুবই ব্যাপক।

খ. **পলিপ্রোপিলিন :** প্রোপিনকে 140 atm চাপে হেপ্টেনে দ্রবীভূত করে প্রভাবক $TiCl_3$ এর উপস্থিতিতে 120 °C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে প্রোপিনের অসংখ্য অণু পরস্পর পরস্পরের সাথে যুক্ত হয়ে পলিপ্রোপিলিন পলিমার গঠন করে।

$$n\,CH_2 = \underset{|}{\overset{CH_3}{CH}} \xrightarrow[120°C,\ TiCl_3]{140\ atm} \{CH_2 - \underset{|}{\overset{CH_3}{CH}}\}_n$$
পলিপ্রোপিলিন

পলিপ্রোপিলিন হলো সবচেয়ে হালকা, অথচ শক্ত পলিমার প্লাস্টিক। কৃত্রিম সুতা, মোটা রশ্মি, কার্পেট, উন্নতমানের কন্টেইনার তৈরিতে এর ব্যাপক ব্যবহার পরিলক্ষিত হয়।

গ. **পলিভিনাইল ক্লোরাইড (PVC) :** ইথাইন (CH ≡ CH) ও শুষ্ক HCl গ্যাসের মিশ্রণকে প্রভাবক মারকিউরিক ক্লোরাইড ($HgCl_2$) এর ওপর দিয়ে 160° – 250°C তাপমাত্রায় চালনা করলে উভয়ের মধ্যে সংযোজন বিক্রিয়ার ফলে ভিনাইল ক্লোরাইড বা ক্লোরোইথিন উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন ভিনাইল ক্লোরাইডকে জৈব পারঅক্সাইড যেমন, বেনজোয়িল পার অক্সাইড অথবা টারসিয়ারি বিউটাইল পার অক্সাইডের প্রভাবকের উপস্থিতিতে উচ্চ চাপ ও উচ্চ তাপ প্রয়োগ করলে পলিভিনাইল ক্লোরাইড (PVC) উৎপন্ন হয়ে থাকে।

$$\underset{\text{ইথাইন}}{CH \equiv CH} + HCl(g) \xrightarrow[\text{প্রভাবক } HgCl_2]{160° - 250°C} \underset{\text{ভিনাইল ক্লোরাইড}}{CH_2 = CHCl}$$

$$n\,CH_2 = CHCl \xrightarrow[\text{উচ্চ তাপ}]{\text{উচ্চ চাপ ও}} \underset{(PVC)}{(-CH_2-\underset{|}{\overset{Cl}{CH}}-)_n}$$

ইন্‌জেকশনের সিরিঞ্জ, কৃত্রিম চামড়া, ঘরের মেঝের কার্পেটিং, ঘরের সিলিং তৈরির উপকরণ, রেইন কোট, গ্রামোফোন রেকর্ড তৈরিতে এর ব্যবহার এককথায় অসাধারণ।

ঘ. **পলিস্ট্যারিন :** ফিনাইল ইথিন বা স্ট্যারিন একটি তরল জৈব যৌগ। একে 1000 atm চাপ প্রয়োগ করলে সংযোজন পলিমারকরণের মাধ্যমে পলিস্ট্যারিন উৎপন্ন হয়।

$$n\,CH_2 = \underset{\text{স্ট্যারিন}}{\underset{\bigcirc}{CH}} \xrightarrow{1000\ atm} \underset{\text{পলিস্ট্যারিন}}{\{CH_2 - \underset{\bigcirc}{CH}\}_n}$$

পলিস্ট্যারিন দ্বারা খাবার পাত্র, কসমেটিকের পাত্র, প্লাস্টিক কাপ, খেলনা, বিভিন্ন প্লাস্টিক কেবিনেট, প্যাকেজিং সামগ্রী প্রস্তুত করা হয়ে থাকে।

ঙ. **পলিটেট্রাফ্লোরো ইথেন বা টেফলন :** টেট্রাফ্লোরো ইথিনকে ফেনটন বিকারক ($FeSO_4$ ও H_2O_2 এর দ্রবণ) এর উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করলে পলিটেট্রাফ্লোরো ইথেন বা টেফলন উৎপন্ন হয়।

$$n(CF_2 = CF_2) \xrightarrow[FeSO_4.H_2O_2]{\text{পলিমারকরণ}} \underset{\text{টেফলন}}{\{CF_2 - CF_2\}}$$

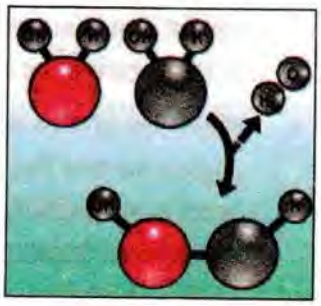
রান্নার প্যান এর ওপর টেফলন এর নন-স্টিকিং আবরণী বা কোটিং দেওয়া হয়। এছাড়া বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতিতে ইনসুলেটর হিসেবে, বৈদ্যুতিক ভালভ তৈরিতে একে ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

এছাড়াও ভিনাইল অ্যাসিটেট হতে পলিভিনাইল অ্যাসিটেড, প্রোপিন নাইট্রাইল হতে এক্সাইলিক ফাইবার, অ্যাসিটিলিন (ইথাইন) হতে ভিনাইল অ্যাসিটিলিন পরে ক্লোরোপ্রিন এবং এ থেকে নিউপ্রিন নামক রাবার সবই সংযোজন পলিমার বিক্রিয়ার উদাহরণ।

২.২০.২ | ঘনীভবন পলিমারকরণ বিক্রিয়া (Condensation Polymerisation Reactions)

পলিমারকরণের যে বিক্রিয়ায় দুটি কার্যকরী মূলকবিশিষ্ট একই বা ভিন্ন মনোমারের অণুসমূহের মধ্যে বিক্রিয়ায় ক্ষুদ্র কোনো যৌগের অণু অপসারিত হয়ে ঘনীভবনের মাধ্যমে দীর্ঘ শিকল পলিমার গঠন করে তাকে ঘনীভবন পলিমারকরণ বলে।

এ পলিমারকরণের প্রধান বৈশিষ্ট্য হলো মনোমার অণুর সংযোগে বৃহৎ পলিমার গঠনের সময় ছোট ছোট অণু যেমন, H_2O, CO_2, $CH_3 - OH$ প্রভৃতি অপসারণের ফলে নতুন অণুর সৃষ্টি হয়। যেমন : কার্বামাইড বা ইউরিয়া, ($NH_2 - CO - NH_2$) ও মিথান্যাল ($H - CHO$) এর ঘনীভবন পলিমারকরণ বিক্রিয়ায় ফরমিকা উৎপন্ন হয়।



চিত্র ২.৩৯ : ঘনীভবন পলিমারকরণ

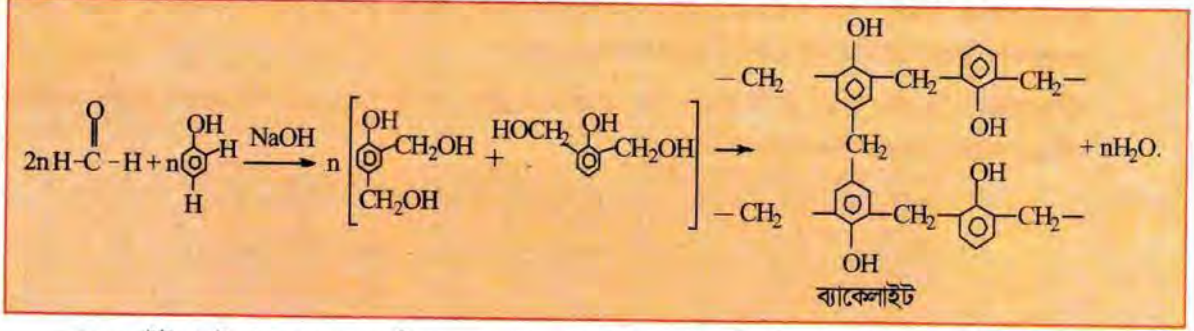
$$\underset{\text{মিথান্যাল}}{n\,H-CO-H} + \underset{\text{কার্বামাইড}}{n\,H_2N-CO-NH_2} \longrightarrow \underset{\text{ফরমিকা}}{\{CH_2-NH-CO-NH\}_n} + nH_2O.$$

এক্ষেত্রে প্রতি দুই অণু বিক্রিয়ক হতে এক অণু পানির অপসারণ ঘটে।

এটি একটি খুবই সুদৃঢ় থার্মোসেটিং পলিমার। এর দ্বারা বৈদ্যুতিক সকেট, মাস্টার গ্যাস প্রস্তুত করা হয়ে থাকে।

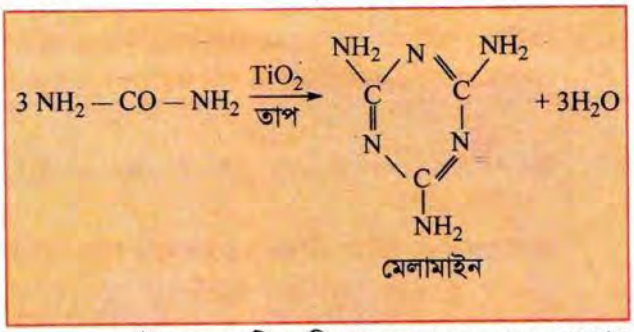
ঘনীভবন পলিমারকরণ বিক্রিয়ার মাধ্যমে উৎপন্ন ও ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত কয়েকটি উল্লেখযোগ্য পলিমার হলো :

ক. **ব্যাকেলাইট :** এটি ফেনল-মিথান্যাল পলিমার। ফেনল ও মিথান্যাল এর মিশ্রণকে (1 : 2) ক্ষার দ্রবণের উপস্থিতিতে ঘনীকরণ প্রক্রিয়ায় পানির অপসারণের মাধ্যমে প্রথমে ছোট পলিমার সৃষ্টি হয়। এ ছোট পলিমারকে উত্তপ্ত করে ব্যাকেলাইট নামক কঠিন, অদ্রবণীয় ও অত্যন্ত সুদৃঢ় থার্মোসেটিং প্লাস্টিক ব্যাকেলাইট প্লাস্টিক উৎপন্ন হয়।

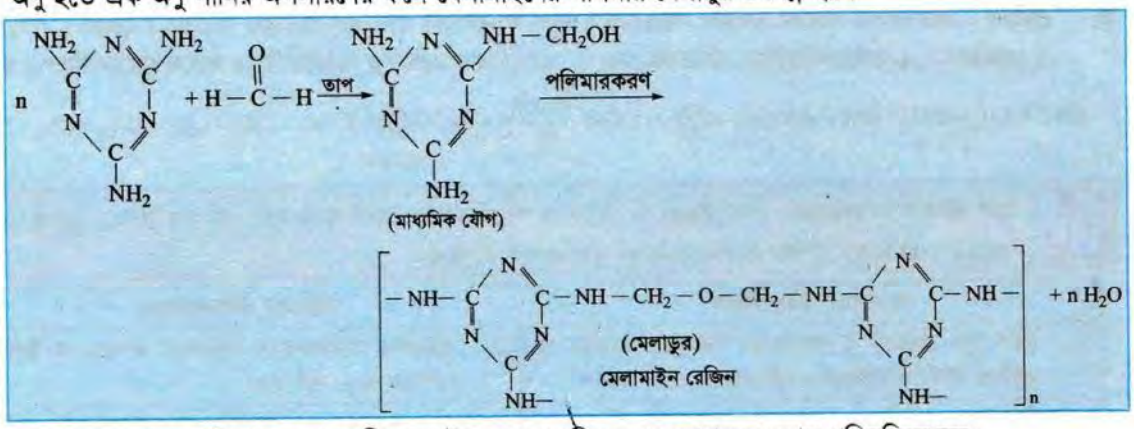


ব্যাকেলাইট খুবই শক্ত ও সুদৃঢ় পলিমার। এ থেকে বৈদ্যুতিক সুইচ, চিরুনি, বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতির হাতল, কলমের বডি প্রস্তুত করা হয়ে থাকে। ব্যাকেলাইটের নিম্ন পলিমার নরম বিধায় একে বার্নিসের কাজে ব্যবহার করা হয়।

খ. **মেলামাইন :** প্রভাবক TiO_2 এর উপস্থিতিতে ইউরিয়া বা কার্বামাইডকে উত্তপ্ত করলে মেলামাইন উৎপন্ন হয়। মেলামাইন হলো একটি পলি অ্যামাইড ক্রসলিংক থার্মোসেটিং পলিমার। প্রতিদিনের ব্যবহার্য কাপ, প্লেট, বাটি ইত্যাদি কোকারিজ প্রস্তুত করতে এর ব্যবহার খুবই ব্যাপক। আগুনরোধী কাপড় প্রস্তুতিতে এর ব্যবহার আছে। এ থেকে মেলাডুর প্রস্তুত করা হয়। মেলামাইনের একটি ক্ষতিকর ব্যবহারও আছে। অসাধু জনসাধারণ মেলামাইনকে বেবি মিল্‌কের সাথে ভেজাল হিসেবে মিশ্রিত করে থাকে। ফলে এটি শরীরে প্রবেশ করে কিডনিতে পাথর সৃষ্টি করে। এটি থেকে উৎপন্ন সায়ানো ইউরিক এসিড কিডনিকে নষ্ট করে দেয়।

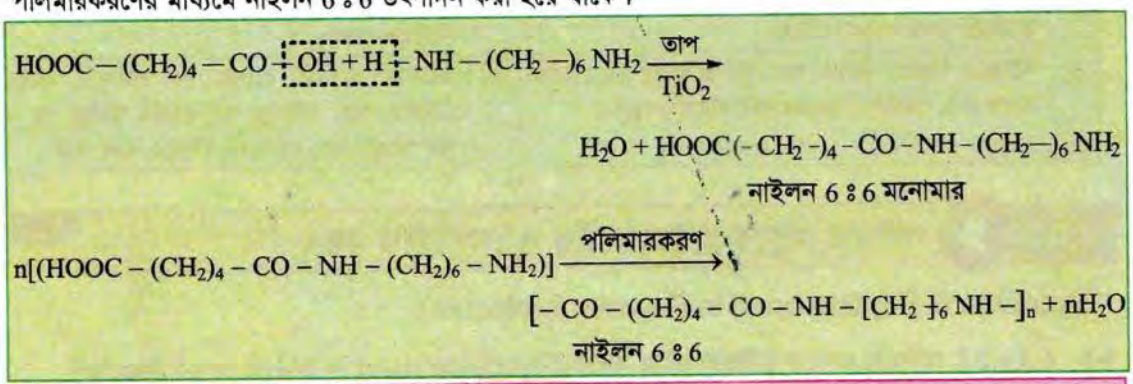


গ. **মেলাডুর :** মেলাডুর হলো মেলামাইন ও মিথান্যাল এর ঘনীভবন পলিমার। মেলামাইন ও মিথান্যালকে উত্তপ্ত করলে সংযোজন বিক্রিয়ার মাধ্যমে প্রাথমিকভাবে মাধ্যমিক যৌগ উৎপন্ন হয়। এ মাধ্যমিক যৌগকে উত্তপ্ত করলে প্রতি দুই অণু হতে এক অণু পানির অপসারণের ফলে মেলামাইনের পলিমার মেলাডুর উৎপন্ন হয়।



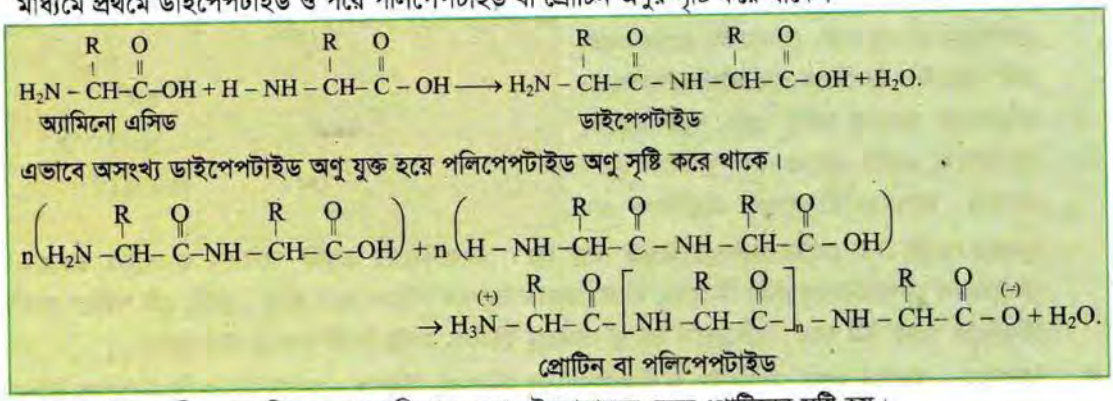
সস্ প্যানের হাতল, বিদ্যুৎ ও তাপহারী বস্তুর উপকরণ প্রস্তুতিতে এর ব্যাপক ব্যবহার পরিলক্ষিত হয়।

ঘ. **নাইলন 6 ঃ 6 উৎপাদন :** হেক্সামিথিলিন ডাই অ্যামিনের জলীয় দ্রবণের সাথে ক্লোরোফর্মে দ্রবীভূত অ্যাডিপিক এসিডকে উত্তপ্ত করলে প্রথমে ঘনীভবন বিক্রিয়ায় নাইলন 6 ঃ 6 এর মনোমার উৎপন্ন হয়। এ মনোমারকে পলিমারকরণের মাধ্যমে নাইলন 6 ঃ 6 উৎপাদন করা হয়ে থাকে।



চিন্তা করে উত্তর দাও – ২.৩৯ :
নাইলন 6 ঃ 6 এর ক্ষেত্রে 6 ও 6 সংখ্যা দুটি কী নির্দেশ করে?

ঙ. **প্রোটিন :** ঘনীভবন পলিমারকরণ বিক্রিয়ার মাধ্যমে প্রতি দুই অণু অ্যামিনো এসিড হতে এক অণু পানি অপসারণের মাধ্যমে প্রথমে ডাইপেপটাইড ও পরে পলিপেপটাইড বা প্রোটিন অণুর সৃষ্টি করে থাকে।

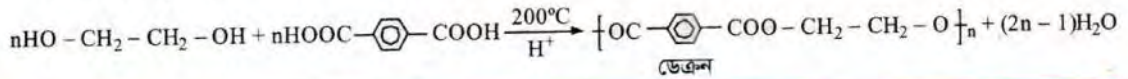


এভাবে অসংখ্য ডাইপেপটাইড অণু যুক্ত হয়ে পলিপেপটাইড অণু সৃষ্টি করে থাকে।

এটি প্রাকৃতিক ঘনীভবন পলিমারকরণ প্রক্রিয়া। এভাবেই আমাদের দেহে প্রোটিনের সৃষ্টি হয়।

এছাড়াও গ্লুকোজ হতে পলিস্যাকারাইড, RNA, DNA, পলিএস্টার এসবই ঘনীভবন পলিমারকরণ বিক্রিয়ার মাধ্যমে উৎপন্ন হয়।

চ. **ডেক্রন :** এটি একটি অত্যন্ত জনপ্রিয় পলিএস্টার সুতা যা বাজারে টেরিলিন হিসেবে পরিচিত। ইথেন-1, 2-ডাইঅল ও বেনজিন-1, 4-ডাইকার্বক্সিলিক এসিডকে 200 °C তাপমাত্রায় এসিডীয় মাধ্যমে উত্তপ্ত করলে ডেক্রন উৎপন্ন হয়।



মনে রাখবে : সংযোজন পলিমারকরণ ও ঘনীভবন পলিমারকরণ উভয় পদ্ধতিতেই পলিমার উৎপন্ন হলেও এ দুটি পদ্ধতির মধ্যে যথেষ্ট মৌলিক পার্থক্য বর্তমান। পার্থক্যগুলো নিম্নরূপ–

সংযোজন পরিমারকরণ	ঘনীভবন পলিমারকরণ
১. জৈব যুত বিক্রিয়া বা সংযোজন বিক্রিয়ার মাধ্যমে এ জাতীয় পলিমার অণুগুলোর সৃষ্টি হয়।	১. ঘনীভবন পলিমারকরণ বিক্রিয়ার মাধ্যমে এ জাতীয় পলিমার অণুর সৃষ্টি হয়।
২. পলিমারের আণবিক ভর মনোমার অণুর সরল গুণিতক।	২. পলিমার অণুর আণবিক ভর কখনোই মনোমার অণুর আণবিক ভরের সমান হয় না।
৩. এ জাতীয় পলিমার গঠনে একই জাতীয় মনোমার অণুর ব্যবহার দেখা যায়।	৩. ভিন্ন জাতীয় একাধিক মনোমার অণুর অংশগ্রহণ ঘটে।
৪. এ জাতীয় মনোমার অণুগুলো অসম্পৃক্ত হয় এবং একটি কার্যকরী মূলক বর্তমান থাকে।	৪. এ জাতীয় মনোমার অণুতে দুটি সক্রিয় কার্যকরী মূলক উপস্থিত থাকে।
৫. পলিমার শিকলে একের পর এক মনোমার যোগ হতে থাকে এবং পলিমার শিকলের বৃদ্ধি ঘটতেই থাকে।	৫. এক্ষেত্রে কয়েকটি ধাপের পর মনোমার, ডাইমার, ট্রাইমার, ক্ষুদ্র পলিমার অণু প্রভৃতি উৎপন্ন হয় এবং পরস্পরের সাথে যুক্ত হয়ে পলিমার গঠন করে।

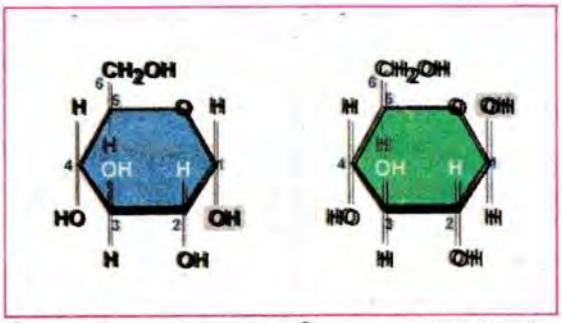
২.২১ পলিমার অণুতে গ্লাইকোসাইড ও পেপটাইড বন্ধন

(Glycoside & Peptide bond in Polymer Molecule)

২.২১.১ পলিমার অণুতে গ্লাইকোসাইড বন্ধন (Glycoside bond in polymer molecule)

গ্লুকোজ একটি মনো স্যাকারাইড অণু। এর আণবিক সংকেত $C_6H_{12}O_6$. গ্লুকোজ অণুর চাক্রিক কাঠামো হতে দেখা যায় ১নং কার্বনের –OH গ্রুপের অবস্থানের দুটি গঠন কাঠামো পাওয়া যায়। একটি α – D – গ্লুকোজ এবং

অপরটি β – D – গ্লুকোজ প্রতি দুই অণু মনোস্যাকারাইড অণু হতে এক অণু পানির অপসারণ করে ঘনীভবন বিক্রিয়ার মাধ্যমে ডাই স্যাকারাইড অণুর সৃষ্টি হয়। তখন উৎপন্ন নতুন ডাইস্যাকারাইড অণুতে উভয় মনো স্যাকারাইড অণু –C–O–C– সম্পূর্ণ নতুন একটি বন্ধনের সৃষ্টি করে। একে গ্লাইকোসাইড বন্ধন বলে। সংযোগের ক্ষেত্রে একটি মনোস্যাকারাইডের 1 নং কার্বনের সাথে অপর মনোস্যাকারাইডের 4 নং কার্বনের সংযোগ ঘটে।

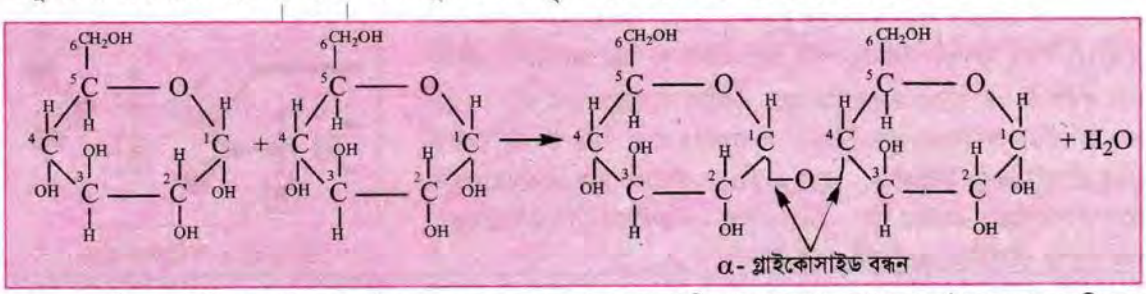


চিত্র ২.৪০.১ : α-D-গ্লুকোজ চিত্র ২.৪০.২ : β-D-গ্লুকোজ

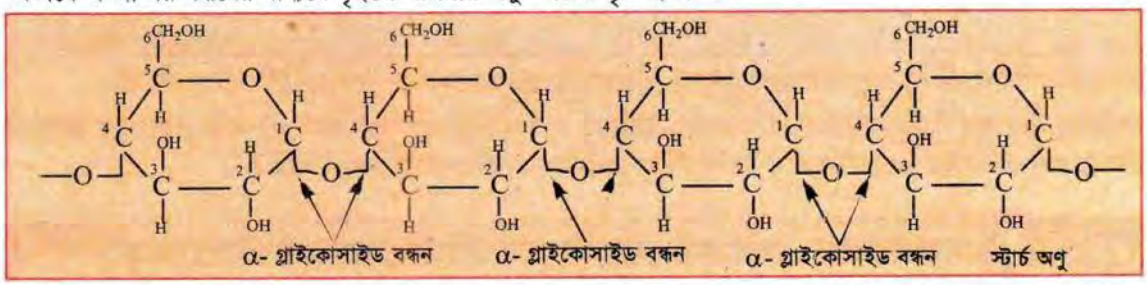
গ্লাইকোসাইড বন্ধন দুই প্রকারের হয়ে থাকে। ১. α – গ্লাইকোসাইড বন্ধন ও ২. β – গ্লাইকোসাইড বন্ধন।

স্টার্চের রাসায়নিক গঠন হতে দেখা যায়, এটি একক কোনো অণু নয়। এটি প্রকৃতপক্ষে 10 – 20% অ্যামাইলোজ ও 80 – 90% অ্যামাইলো পেকটিন এর মিশ্রণ। এরা উভয়েই পলিস্যাকারাইড অণু এবং এদের অণুতে α – গ্লাইকোসাইড বন্ধন বর্তমান থাকে।

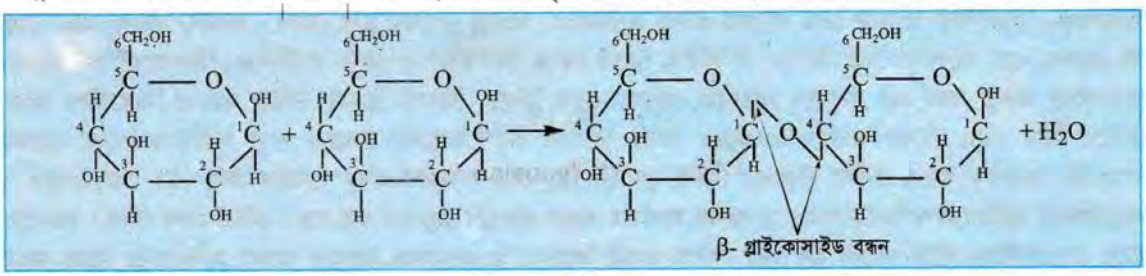
α – গ্লাইকোসাইড বন্ধন : প্রতি দুই অণু α – D গ্লুকোজের একটির C_1 এবং অপরটির C_4 এর দুটি – OH মূলক থেকে এক অণু পানির অপসারণ ঘটে –C–O–C– যে নতুন বন্ধনের সৃষ্টি করে থাকে তাকে α–গ্লাইকোসাইড বন্ধন বলে।



এক্ষেত্রে ঘনীভবন বিক্রিয়া ঘটে এবং দুই অণু মনোমার হতে এক অণু পানির অপসারণের মাধ্যমে ডাইমার অণুর সৃষ্টি হয়। এভাবে এ জাতীয় বন্ধনের মাধ্যমে বৃহত্তর পলিমার অণু স্টার্চের সৃষ্টি হয়।



β –গ্লাইকোসাইড বন্ধন : প্রতি দুই অণু β – D গ্লুকোজের একটির C_1 এবং অপরটির C_4 এর দুটি – OH মূলক থেকে এক অণু পানির অপসারণ ঘটে –C–O–C– যে নতুন বন্ধনের সৃষ্টি করে থাকে তাকে β– গ্লাইকোসাইড বন্ধন বলে।



এক্ষেত্রে ঘনীভবন বিক্রিয়া ঘটে এবং প্রতি দুই অণু মনোমার হতে এক অণু পানির অপসারণের মাধ্যমে ডাইমার অণুর সৃষ্টি হয়। এভাবে β– গ্লাইকোসাইড বন্ধনের মাধ্যমে বৃহত্তর পলিমার অণু সেলুলোজের সৃষ্টি হয়। সেলুলোজ পলিমার অণুতে প্রায় 300 – 3000 β – D গ্লুকোজ একক β– গ্লাইকোসাইড বন্ধন দ্বারা যুক্ত থাকে।

এভাবে সুক্রোজ অণু ও ল্যাক্টোজ অণুর মধ্যেও গ্লাইকোসাইড বন্ধনের সৃষ্টি হয়। তবে সুক্রোজের ক্ষেত্রে এক অণু গ্লুকোজ ও এক অণু ফ্রুক্টোজ এর মধ্যে এ বন্ধন এবং ল্যাক্টোজ এর ক্ষেত্রে এক অণু গ্লুকোজ ও এক অণু গ্যালাক্টোজ এর মধ্যে গ্লাইকোসাইড বন্ধনের সৃষ্টি হয়ে থাকে।

চিন্তা করে উত্তর দাও – ২.৪০ :

১. পলিমার মাত্রই ম্যাক্রো অণু কিন্তু ম্যাক্রো অণু মাত্রই পলিমার অণু নয় কেন?

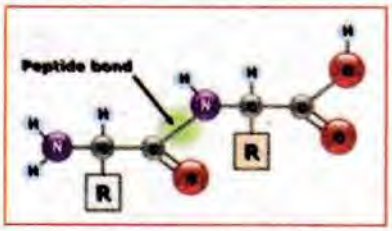
২. শুধুমাত্র মনোমার অণু গ্লুকোজের 1 নং কার্বনের সাথে যুক্ত গ্রুপ দুটির অবস্থান সমাণুতার কারণে এর পরিমার অণু স্টার্চ ও সেলুলোজের সৃষ্টি হয়। স্টার্চ মানুষের খাদ্য সেলুলোজ গরু ছাগলের খাদ্য কেন?

৩. পলিমারের কোন সুনির্দিষ্ট আণবিক ভর নেই কেন?

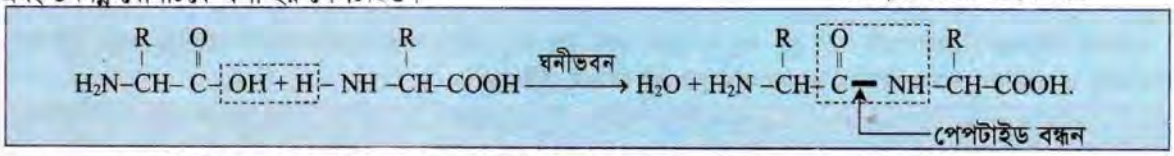
৪. পলিমার দ্বারা নির্মিত জিনিসপত্র হালকা হয় কেন?

২.২১.২ পলিমার অণুতে পেপটাইড বন্ধন (Peptide bond in Polymer Molecule)

অ্যামিনো এসিডের অণুতে অ্যামিনো মূলক ($-NH_2$) ও কার্বক্সিল মূলক (–COOH) উভয় মূলকই বর্তমান। দুই অণু একই বা ভিন্ন অ্যামিনো এসিড যখন পরস্পর পরস্পরের সাথে যুক্ত হয়, একটির কার্বক্সিল মূলকের – OH এবং অপরটির অ্যামিনো মূলকের –H অপসারিত হয়ে পানি উৎপন্ন করে। তখন এ দুটি অণুর বিক্রিয়ায় – CO – NH– বন্ধনের সৃষ্টি মাধ্যমে নতুন যৌগের সৃষ্টি হয়। এভাবে সৃষ্ট – CO – NH– বন্ধনটিকে পেপটাইড বন্ধন এবং উৎপন্ন যৌগটিকে বলা হয় পেপটাইড।



চিত্র ২.৪১ : পেপটাইড বন্ধন



যেহেতু এ পেপটাইডটি দুই অণু অ্যামিনো এসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়েছে তাই একে ডাইপেপটাইড বলা হয়।

একইভাবে তিন অণু অ্যামিনো এসিডের ঘনীভবন বিক্রিয়ার মাধ্যমে ট্রাইপেপটাইড গঠিত হয় এবং বহুসংখ্যক অ্যামিনো এসিডের অণু পেপটাইড বন্ধনের মাধ্যমে পরস্পরের সাথে যুক্ত হয়ে পলিপেপটাইড গঠন করে।

২.২২ শিক্ষার্থীর কাজ : ভোগ্যপণ্য, গৃহসামগ্রী, ঔষধ ইত্যাদি ক্ষেত্রে জৈব যৌগের গুরুত্ব

(Work for Students : Importance of Organic Compounds for the Cases of Commodities, Households, Medicines etc.)

ভোগ্যপণ্য : ভোগ্যপণ্য হিসেবে জৈব যৌগের গুরুত্ব অপরিসীম। বিভিন্ন প্রসাধনী দ্রব্য যেমন : সাবান, স্যাম্পু, বডি স্প্রে, বডি লোশন, স্নো, আফটার সেভ লোশান, লিপস্টিক প্রভৃতি ক্ষেত্রে জৈব যৌগের গুরুত্ব অপরিসীম। প্রিজারভেটিভস হিসেবে ভিনেগারের গুরুত্ব প্রথম পত্র রসায়নে বিস্তারিত জেনেছ। গ্লাস ক্লিনার, টয়লেট ক্লিনার, বিভিন্ন ধরনের সিনথেটিক কাপড় তৈরিতে জৈব যৌগ বিশেষ অবদান রেখেছে। পানীয় হিসেবে অ্যালকোহলের ব্যবহার সারা পৃথিবীতে যেমন ব্যাপক, পাশাপাশি আধুনিক কালে মোটর ইঞ্জিনের বিকল্প জ্বালানি হিসেবেও অ্যালকোহলের ব্যবহার কম নয়। পেট্রোলিয়াম ও পেট্রোলিয়াম জাতীয় উপাদানকে সকল জ্বালানির অন্যতম প্রধান জ্বালানি হিসেবে ধরা হয়। এটিও জৈব যৌগ। আমাদের দেশে যে প্রাকৃতিক গ্যাস পাওয়া যায় এর বেশির ভাগই মিথেন। এ প্রাকৃতিক গ্যাসকে আমরা প্রতিদিনের রান্নার কাজে

গৃহস্থালির ভোগপণ্য হিসেবে ব্যবহার করে থাকি। LPG গ্যাসের ব্যবহারও বর্তমানে ব্যাপক। পরিবেশ বান্ধব ও অপেক্ষাকৃত কম দাম বিধায় CNG এর ব্যবহারও খুব অল্প সময়ের মধ্যেই ভোগ্যপণ্য হিসেবে যথেষ্ট গুরুত্বপূর্ণ স্থান দখল করে নিয়েছে।

গৃহ সামগ্রী : গৃহ সামগ্রীতেও জৈব যৌগের অবদান কম নয়। প্লাস্টিক ও মেলামাইন আধুনিক সভ্যতায় গৃহ সামগ্রীর অন্যতম উপাদান। প্লাস্টিকের মধ্যে বিভিন্ন শ্রেণির, মানের ও উপাদানের প্লাস্টিক সামগ্রী আছে। ফোম, নাইলন, জৈব পেইন্ট, প্লাস্টিক পেইন্ট, এমনকি শিশুদের খেলনা তৈরিতে জৈব যৌগের গুরুত্ব যে কত তা বলার অপেক্ষা রাখে না। ত্রিপল, তাঁবু, র‍্যাক্সিন, সিনথেটিক চামড়া, প্লাস্টিকের থালা, বাসন, জগ, মগ, চেয়ার, টেবিল এমন কি ফুলের টব পর্যন্ত তৈরি হচ্ছে জৈব যৌগ দিয়ে। লেখা পড়ার কাজে ব্যবহৃত কাগজ, কলম, কলমের কালি এসবই জৈব যৌগের, এদের গৃহ সামগ্রী হিসেবে এর ব্যবহারিক গুরুত্বের সীমা অপরিসীম।

ঔষধ : ঔষধ শিল্পে জৈব যৌগের ভূমিকা বলে শেষ করার মতো নয়। এক্ষেত্রে এর ব্যাপকতা এতই বেশি যে, সাধারণভাবে বর্ণনা করলে জৈব যৌগকে খাটো করে দেখানো হবে। ভিটামিনের আবিষ্কার ও উৎপাদন, সালফাড্রাগ, অ্যান্টিবায়োটিকস্, চেতনানাশক, সেডেটিভ, হরমোন, অ্যান্টাসিড, ল্যাক্সেটিভ সবশেষে জৈব যৌগের ভূমিকা যে কত বড় ও গুরুত্বপূর্ণ তা তোমরা কিছুটা হলেও বুঝতে পার। ভেষজ চিকিৎসা বিজ্ঞানে শতভাগ ঔষধই জৈব যৌগ।

২.২৩ পরিবেশ ও সামাজিক ক্ষেত্রে জৈব যৌগের ভূমিকা

(Role of Organic Compounds in Environment & Social field)

জৈব যৌগের আধুনিক ইতিহাস এখনও দু'শ বছর পূর্ণ হয়নি। এইতো সেদিনের ঘটনা, 1828 সালে ফ্রেডারিক উইলার প্রথম গবেষণাগারে ইউরিয়া আবিষ্কার করেন। শুরু হলো জৈব যৌগের পথচলা। বিংশ শতাব্দীতে এসে এর অগ্রগতি হয়েছে ব্যাপক ও অকল্পনীয়। অগ্রগতির ধারায় বর্তমানে এমনই এক পর্যায়ে এসে উপনীত হয়েছে যে, মানব সভ্যতার সামগ্রিক অগ্রগতির মূল হলো জৈব যৌগ। তাই আজকের এ পারমাণবিক যুগে জৈব রসায়নকে বলা হয় কেন্দ্রীয় বিজ্ঞান। জৈব যৌগের চাহিদা, ব্যাপকতা, প্রয়োজনীয়তা ও ব্যবহারিক ক্ষেত্র এতই প্রসার লাভ করেছে যে আমাদের পরিবেশ ও সামাজিক ক্ষেত্রে এর ভূমিকা অনন্য।

পরিবেশ ও সামাজিক ক্ষেত্রে মানুষের যা কিছু প্রয়োজন তার সিংহভাগই মিটিয়ে থাকে জৈব যৌগ। মানুষের আধুনিক সভ্যতায় জীবনমানের উন্নয়নের জন্য যেসব মৌলিক চাহিদা এর মধ্যে অন্যতম খাদ্য, বস্ত্র, বাসস্থান, চিকিৎসা, শিক্ষাসহ জীবনমানের উন্নয়নে জৈব যৌগের গুরুত্ব সীমাহীন।

খাদ্য : আমাদের প্রতিদিনের খাদ্য তালিকায় যেসব উপাদান যুক্ত তার সবই জৈব যৌগ। শর্করা, আমিষ, স্নেহজাতীয় পদার্থ, ভিটামিন এ সবই জৈব যৌগ। প্রতিদিন আমরা যে মাছ, মাংস, শাকসবজি, ফলমূল খেয়ে জীবনধারণ করি এ সবই জৈব যৌগ। তাছাড়া খাদ্য উৎপাদন বৃদ্ধি করতে ব্যবহৃত হয় জৈব সার। পোকা-মাকড়, কীটপতঙ্গ, বালাই দমনে ব্যবহার করা হয় জৈব কীটনাশক। খাদ্যদ্রব্য সংরক্ষণে ব্যবহৃত হয় রাসায়নিক ফুড প্রিজারভেটিভস এন্টিমাইক্রোবিয়াল এজেন্ট, এন্টিঅক্সিডেন্ট এজেন্ট, কিলেটিং এজেন্ট। পরিবেশ ও সামাজিকভাবে এটি যে কত বড় অবদান রাখছে তা বলার অপেক্ষা রাখে না। মূলত প্রাণিদেহের প্রায় বেশির ভাগ অংশই জটিল জৈব যৌগ দ্বারা গঠিত।

বস্ত্র : তুলা, রেশম, পশম, পাটজাত পণ্য ও সবই প্রাকৃতিক জৈব যৌগ। প্রাকৃতিক উপাদানের পাশাপাশি তৈরি হয়েছে কৃত্রিম তন্তু, রেয়ন, নাইলন, ডেক্রন, টেট্রন, পলিএস্টার এরূপ আরো অনেক জৈব যৌগ সার সামাজিক গুরুত্ব এতবেশি যে অল্প পরিসরে বলাটা ঠিক নয়। কৃত্রিম চামড়ার আবিষ্কার বস্ত্র খাতকে আরও একধাপ এগিয়ে নিয়েছে। পলিপ্রোপিলিন বা পলির আবিষ্কারের ফলে কৃত্রিম সুতা তৈরি হলো। পিভিসি (PVC) থেকে কৃত্রিম চামড়া, মেঝের কাপেটিং, ঘরের সিলিং, গ্রামোফোন রেকর্ড, রেইনকোট এককথায় এ ব্যবহার পরিবেশ ও সামাজিক ক্ষেত্রে অসাধারণ।

বাসস্থান : বাসস্থান নির্মাণ সামগ্রী বাঁশ, কাঠ, ছন, বেত প্রভৃতি প্রাকৃতিক জৈব যৌগ। বাসস্থানের ব্যবহৃত সামগ্রীর আজকাল বেশির ভাগই প্লাস্টিক, মেলামাইন ও ব্যাকেলাইট এসবই জৈব যৌগ। পরিবেশের ক্ষেত্রে এর গুরুত্ব এক কথায় ব্যাপক আর সামাজিক ক্ষেত্রে এর গ্রহণ যোজ্যতাও অনেক বেশি।

চিকিৎসা : চিকিৎসা মানুষের সামাজিক অধিকার। চিকিৎসা ক্ষেত্রে জৈব যৌগের ভূমিকা তথা আশির্বাদ অপরিসীম। মানুষের জীবন রক্ষাকারী বিভিন্ন ঔষধ যেমন পেনিসিলিন, স্ট্রেপ্টোমাইসিন, ক্লোরোমাইসিন, ক্রোগেকুইন, নিভাকুইন, নাইট্রোবেনজিন, মেপাক্রিন এসবই জৈব যৌগ। এছাড়া ভিটামিন জীবাণুনাশক, পচননিবারক, চেতনানাশক অ্যান্টিবায়োটিকস, হরমোন, অ্যান্টাসিড, ল্যাক্রেটিভ, সেডাটিভ প্রভৃতি অসংখ্য ঔষধ জৈব যৌগ। এসব ঔষধের আবিষ্কারের ফলে মানুষের আয়ুষ্কাল বৃদ্ধি পেয়েছে, রোগের যন্ত্রণা হতে পরিত্রাণ পেয়েছে। স্টেরয়েডের আবিষ্কার চিকিৎসাবিজ্ঞানের বিস্ময়কর অবদান।

শিক্ষা : শিক্ষার প্রধান উপকরণ কাগজ, এটি জৈব পলিমার সেলুলোজ। এটি অত্যন্ত পরিবেশ বান্ধব। অন্যসব উপকরণ কলম, কালি, পেন্সিল, রাবার এসবই জৈব যৌগ।

যাতায়াত ব্যবস্থা : পরিবেশ সুন্দরের জন্য চাই উন্নত যাতায়াত ব্যবস্থা। জৈব রসায়ন, কৃত্রিম পেট্রোল, গ্যাসোলিন, ডিজেল, রাবার, টায়ার, পাওয়ার অ্যালকোহল, গ্রিজ, পিচ্ছিলকারক লুব্রিকেন্ট, এন্টিনক, কৃত্রিম রাবার প্রভৃতি জৈব যৌগ উৎপাদ করে যাতায়াত ব্যবস্থার ক্ষেত্রে নতুন দ্বার উম্মোচন করেছে। জ্বালানির ক্ষেত্রে CNG ও বায়োগ্যাসের আবিষ্কার পরিবেশকে সুরক্ষিত করেছে। গ্রামীণ অর্থনীতি ও সামাজিক বিপ্লবে বায়োগ্যাস প্লান্টের গুরুত্ব অপরিসীম।

প্রসাধনী : আমাদের দৈনন্দিন জীবনে ব্যবহৃত প্রসাধনী যেমন সাবান, ডিটারজেন্ট, স্যাম্পু, লোশন, বিভিন্ন সুগন্ধি স্প্রে, নেলপলিশ, লিপস্টিক, কোল্ডক্রীম, গ্লিসারিন এ সবই জৈব যৌগ। সামাজিকভাবে এসবের গুরুত্ব ও অবদান অনস্বীকার্য। ধর্মীয় আনুষ্ঠানিকতায় আতর ও সুরমা ব্যবহার করা হয়। এসবও জৈব যৌগ। এর সামাজিক গুরুত্ব অনেক।

এছাড়া কিছু কিছু জৈব যৌগের আবিষ্কার পরিবেশ ও সামাজিক ক্ষেত্রে বৈপ্লবিক পরিবর্তন ঘটিয়েছে। যেমন টেফলন (Teflon) এর আবিষ্কারের ফলে রান্নার প্যান এর ওপর কোটিং দেয়া, বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতিতে অন্তরক, জাহাজের রজ্জু, ভালভ প্রভৃতি ক্ষেত্রে বড় অবদান রেখেছে। পলিভিনাইল অ্যাসিটেট অধিক নমনীয় হওয়ার ইমালশন পেইন্ট প্রস্তুতিতে এর ব্যবহার ব্যাপক। এটি পরিবেশ বান্ধব ও সামাজিক ক্ষেত্রে গ্রহণযোগ্য। প্লেক্সিগ্লাস (Plexiglass) খুবই স্বচ্ছ হওয়ায় লেন্স, প্রতিফলকরূপে এবং জানালার কাচ হিসেবে খুবই গ্রহণ যোগ্যতা লাভ করেছে। পলিস্ট্যারিন দ্বারা খাদ্যদ্রব্য সংরক্ষণের পাত্র, কসমেটিকের পাত্র, শিশুদের খেলনা, প্যাকেজিং এর জিনিসপত্র, বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতির ক্যাবিনেট তৈরি করা হচ্ছে। এ্যাক্রোলিক গ্লাসের সাহায্যে গৃহসামগ্রী যেমন চেয়ার, টেবিল, জানালার ফ্রেম, বাথট্যাব, টপ, শোপিচ প্রভৃতি তৈরি করা হয়ে থাকে। ফোম ও ম্যাট্রিক্স এর ব্যবহার অতুলনীয়। ফটোগ্রাফীর ফিল্ম বিলাস দ্রব্য হিসেবেও কম সামাজিক গুরুত্ববহ নয়।

আধুনিক বিজ্ঞানের অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণও সম্ভাবনাময় নতুন প্রযুক্তি প্রাণ-প্রযুক্তি ও জিন থেরাপি। যা জৈব যৌগ নিউক্লিক এসিড RNA ও DNA এর উপর ভিত্তি করেই প্রসার লাভ করেছে।

কর্মশালা : "পরিবেশ ও সামাজিক ক্ষেত্রে জৈব যৌগের ভূমিকা" এর উপর বিস্তারিত আলোচনা। এ কর্মশালায় শুধু বিজ্ঞান নয় সকল বিষয়ের শিক্ষক শিক্ষিকাবৃন্দ এবং সকল শিক্ষার্থী অংশগ্রহণ করবেন।

২.২৩.১ শিক্ষার্থীর কাজ : (ক) পলিথিন ব্যবহারের সুবিধা ও অসুবিধা

সুবিধা : মনোমার ইথিন এর পলিমার হলো পলিথিন। বর্তমানকালে সামাজিকভাবে ব্যবহৃত অত্যন্ত জনপ্রিয় একটি বস্তু। ওজনের দিক থেকে খুবই হালকা এবং ব্যবহারে টেকসই হওয়ায় খুব দ্রুতই এটি সামাজিকভাবে গ্রহণযোগ্যতা লাভ করে। দৈনন্দিন জীবনের জন্য পরিবহনের ক্ষেত্রে ছোট মুদি দোকানদার থেকে মাছ মাংস এমনকি বড় বড় বাহারি শপিংমলেও এর ব্যবহার ব্যাপক। ব্যবহারিক দিক থেকে দেখলে মনে হবে পণ্য পরিবহনের ক্ষেত্রে পলিথিন ছাড়া সবকিছু যেন অচল। পলিথিন 100% রিসাইকেল যোগ্য উপাদান।

অসুবিধা : ব্যবহারের পর এ পলিথিন প্রকৃতিতে গিয়ে পড়ছে। পলিথিন এমনই একটি জৈব উপাদান যা দীর্ঘকাল মাটিতে থাকলেও এটি মাটিতে মিশে যায় না। মাটির অণুজীব দ্বারা এটি আক্রান্ত বা ধ্বংসপ্রাপ্ত হয় না। উপরন্তু এটি মাটিতে মিশে মাটির স্বাভাবিক গুণকে বিনষ্ট করে থাকে। এককথায় এটি একটি অত্যন্ত মারাত্মক ক্ষতিকারক বর্জ্য।

বাংলাদেশ সরকারের পরিবেশ সুরক্ষা আইন অনুযায়ী এটির ব্যবহার সম্পূর্ণভাবে নিষিদ্ধ। বাস্তবে অসচেতন নাগরিক সমাজ এবং অসাধু ব্যবসায়ীদের দৌরাত্ম্যে এ আইনের অনেকটাই অকার্যকর হয়ে পড়েছে।

মানুষের জীবনের মানোন্নয়নে ও জীবনকে সুখময় করতে পলিথিনের ব্যবহারিক পরিবেশগত ও সামাজিক অবদান অনস্বীকার্য।

প্লাস্টিক খেকো ব্যাক্টেরিয়া : সারা পৃথিবীব্যাপী প্লাস্টিকের ব্যবহার ব্যাপক হারে বেড়েই চলছে। মানুষ ব্যবহারিক প্রয়োজনেই প্লাস্টিককে প্রতিদিনকার ব্যবহার্য পণ্য হিসেবে গ্রহণ করেছে। ফলে প্রতিনিয়ত বেড়ে চলছে প্লাস্টিক বর্জ্য। রিসাইকেলিং করার পরও শতকরা প্রায় 17 – 18 ভাগ প্লাস্টিকের বর্জ্য পরিবেশে থেকে যায়। গত **11.03.2016** পৃথিবীবিখ্যাত জার্নাল **"সায়েন্স জার্নালে"** প্রকাশিত গবেষণা প্রতিবেদনে বলা হয়, জাপানের একদল বিজ্ঞানী গবেষণা করে এমন এক প্রজাতির ব্যাক্টেরিয়া সন্ধান পেয়েছেন যেগুলো প্লাস্টিক খেয়ে ফেলতে পারে। এ প্রকাশিত নিবন্ধে বলা হয়, এ ব্যাক্টেরিয়া বহুল ব্যবহৃত প্লাস্টিক পলিইথিলিন টেরেপথালেট (পিইটি) সম্পূর্ণভাবে ভেঙে ফেলতে পারে। পানি ও কোমল পানিয়ের বোতল তৈরির জন্য পিইটি ব্যবহার করা হয়। **"ইডেওনেলা সাকায়েনসিস"** নামের এ ব্যাক্টেরিয়া এনজাইমের সহায়তায় পলিইথিলিন টেরেপথালেটকে ভেঙে ফেলে। **11.03.2016** তারিখের বিশ্বখ্যাত প্রচার মাধ্যম CNN খবরে মন্তব্য করে, "পরিবেশের জন্য সত্যিই একটা ভালো খবর প্লাস্টিক খেকো ব্যাক্টেরিয়ার আবিষ্কার হয়েছে।"

২.২৩.২ শিক্ষার্থীর কাজ : (খ) ফরমালিন ব্যবহারের সুবিধা ও অসুবিধা

মিথানাল (H – CHO) এর জলীয় দ্রবণকে ফরমালিন বলে। প্রকৃতপক্ষে 40% মিথানাল (H – CHO), 52% পানি ও 8% মিথানল (CH_3OH) এর মিশ্র দ্রবণ ফরমালিন। মিথানল এর উপস্থিতির কারণে মিথানাল (H – CHO) পলিমারকরণে বাধাগ্রস্থ হয়। এ তরলের স্ফুটনাঙ্ক – 21°C।

ব্যবহারের সুবিধা :

১. ফরমালিন শক্তিশালী জীবাণুনাশক (disinfectant) ও জীবাণুক্রিয়াজনিত পচন নিরোধক বা এন্টিসেপটিক (antiseptic) বলে এর ব্যবহারের ক্ষেত্র অনেক বেশি ব্যাপক।

২. মৃত জীবজন্তুর দেহ বা এদের দেহের বিভিন্ন অংশ সংরক্ষণ এটি বহুল ব্যবহৃত হয়। ফরমালিন এগুলোর পচন রোধ করে থাকে।

৩. জীববিজ্ঞান গবেষণাগারে নমুনা সংরক্ষণে ব্যবহৃত হয়।

৪. সংক্রামক রোগীর ব্যবহৃত বিছানা, আসবাব ও ঘর জীবাণুমুক্ত করতে ফরমালিনকে ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

৫. কাপড়ের রং পাকা করার ক্ষেত্রে একে ব্যবহার করা হয়।

৬. আঠা জাতীয় পলিমার উৎপাদনে এর প্রচুর ব্যবহার আছে।

৭. বিভিন্ন ধরনের রেজিন জাতীয় পলিমার প্রস্তুতিতে একে ব্যবহার করা হয়।

৮. খাদ্যে মোল্ড, ছত্রাক ও ব্যাক্টেরিয়া জাতীয় অণুজীবকে বংশ বিস্তার করতে ও টিকে থাকতে দেয় না।

৯. অ্যাকুরিয়াম বা কৃত্রিম জলাধার জীবাণুমুক্ত রাখার কাজে একে ব্যবহার করা হয়।

১০. অনুমোদিত মাত্রায় খাদ্য সংরক্ষণে ব্যবহার করা হয়।

ব্যবহারের অসুবিধা :

১. এটি তীব্র ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত।

২. শক্তিশালী জীবাণুনাশক ও এন্টিসেপটিক বলে এর অপব্যবহার দেখা যায়। মাছ, মাংস, দুধ, ফল, শাক-সবজি সংরক্ষণে একে ব্যবহার করা হয়। ফলে খাদ্যের সাথে এটি আমাদের দেহে প্রবেশ করে বিভিন্ন অরগানকে ধ্বংস করে থাকে। বিশেষ করে কিডনীর মারাত্মক ক্ষতি করে।

৩. ফরমালিন ব্যবহারে খাদ্যের স্বাভাবিক খাদ্যশৃঙ্খল ভেঙে যায়। খাদ্যের স্বাভাবিক পুষ্টিগুণ ও খাদ্যমান (food value) বিনষ্ট হয়।

৪. স্নায়ুবিক দুর্বলতার সৃষ্টি করে।

৫. এটি ত্বকের টিস্যুতে স্থায়ীভাবে বন্ধন সৃষ্টি করে এবং ত্বকের ক্যান্সারের সূচনা ঘটায়।

৬. খাবারের সাথে পরিপাক তন্ত্রে প্রবেশ করলে এনজাইমের নিঃসরণে বাধা সৃষ্টি করে খাদ্যদ্রব্যকে হজম হতে দেয় না।

৭. পাকস্থলি ও লিভারকে নষ্ট করে স্মৃতিশক্তির লোপ ঘটায় এবং দৃষ্টিশক্তির হানি ঘটায়।

পচনশীল পণ্য, বিশেষত খাদ্যপণ্যে গণহারে ফরমালিন ব্যবহারের অভিযোগ রয়েছে। জনস্বাস্থ্যের জন্য মারাত্মক ক্ষতিকর এ রাসায়নিক দ্রব্য খাদ্যদ্রব্যে মিশ্রণ নিয়েও জনমনে রয়েছে ব্যাপক অসন্তোষ। ফরমালিনের ব্যবহার বন্ধে সরকারের নেয়া নানা পদক্ষেপ সত্ত্বেও অসাধু ব্যবসায়ীরা এর ব্যবহার দিন দিন বাড়িয়েই চলছে। দেশে ফরমালিন আমদানির পরিসংখ্যা চিত্র থেকে দেখা যায় 2010 – 11 অর্থ বছরে 2,69,333 kg, 2011 – 12 অর্থ বছরে 2,05,096 kg ফরমালিন আমদানি করা হয়েছে। তবে 2009 – 10 অর্থ বছরে আমদানি করা হয় 5,44,846 kg, যা কিনা ছিল খুবই ভয়াবহ ও অস্বাভাবিক। সবার জন্য নিরাপদ খাদ্য নিশ্চিত করার লক্ষ্যে জনস্বার্থে করা বাংলাদেশ নিরাপদ খাদ্য আইন, ফরমালিন নিয়ন্ত্রণ আইন এবং ভেজালবিরোধী আইন কার্যকর ও তা বাস্তবায়ন করা খুবই জরুরি। যদিও নিরাপদ খাদ্য আইন জাতীয় সংসদে পাস হয় 2013 সালের শেষ সময়ে। আইনের যথাযথ প্রয়োগ অতি জরুরি।

সরকার বাজারে ফরমালিন ব্যবহারের বিরুদ্ধে বিভিন্ন পদক্ষেপ নেয়া হলেও মাছ চাষের সময় জলাশয়ে বিভিন্ন অ্যান্টিবায়োটিকসহ নানা ধরনের রাসায়নিক দ্রব্য ব্যবহারের বিষয়টি এখনো রয়ে গেছে অনেকটাই আড়ালে। মাছের খামারগুলোতে ১০টি ভিন্ন শ্রেণির এবং ৫০টিরও অধিক ভিন্ন ধরনের রাসায়নিক দ্রব্য ব্যবহার করা হয়। এসব রাসায়নিক দ্রব্যের মধ্যে অ্যান্টিবায়োটিক ছাড়াও দ্রুতবর্ধক ঔষুধ পেডনোসোলেন, সালফামোনিডাজল, পেনিক্রন, কীটনাশক ইত্যাদি ব্যবহৃত হচ্ছে লোকচক্ষুর অন্তরালে। মাছের খামারগুলোতে বেশি চাষ হয় কাপজাতীয় মাছ। এছাড়াও তেলাপিয়া, মাগুর, কৈ, পাবদা, পাঙ্গাসসহ আরো অনেক প্রকারের মাছ। বাংলাদেশে প্রায় ৩৪ লক্ষ টন মাছ উৎপাদন হয়। তার প্রায় ৫০ শতাংশই হচ্ছে বদ্ধ জলাশয়ে খাবার দিয়ে চাষ করা পদ্ধতিতে। উপরোক্ত উপাদানের ব্যবহারের ফলে মাছের দেহে ভারী ধাতু যেমন Cr, Hg, Cd, As, Pb এর উপস্থিতির প্রমাণ মেলছে। চিংড়ি মাছে অ্যান্টিবায়োটিকের উপস্থিতি পাওয়ার কারণে ২০০৯ সালে ৮ মাস ইউরোপের বাজারে বাংলাদেশের চিংড়ি রপ্তানি বন্ধ ছিল। বিদেশ থেকে বছরে প্রায় ৫০ হাজার টন মাছ আমদানি করা হয়। আমদানি করা মাছের ক্ষেত্রে বিষাক্ত পদার্থের উপাদান (ভারী ধাতু) আছে কিনা, তা পরীক্ষা করা হয় না। শুধু কাস্টমস হাউসের চাহিদা অনুযায়ী ফরমালিন টেস্ট করা হয়। রাসায়নিক ব্যবহৃত মাছ খেলে মানুষের কিডনি, যকৃতৎ, হৃৎপিণ্ড ক্ষতিগ্রস্ত হয় এবং ক্যান্সারের ঝুঁকিও বেড়ে যায়।

ফরমালিন পরীক্ষার বুথ ও ফরমালিন বিরোধী অভিযান : সরকারিভাবে বাণিজ্য মন্ত্রণালয় থেকে 2012 সালের ১লা নভেম্বর বাজারকে ফরমালিন মুক্ত ঘোষণা করা হয়। "এফবিসিসিআই" বিভিন্ন বাণিজ্যিক ব্যাংকের আর্থিক সহায়তায় সরকারের পৃষ্ঠপোষকতায় রাজধানী ঢাকার গুলশান, নিউমার্কেট, মালিবাগ, শান্তিনগর, কাপ্তানবাজার, মোহাম্মদপুর, মহাখালী, বনানী, উত্তরার সমবায় বাজার, মিরপুরের শাহআলী বাজার ও বাদামতলীকে ফরমালিন মুক্ত ঘোষণা করা হয়। ঢাকার ১১টি বাজারসহ মোট ২২টি জেলা শহরের বাজারকে ফরমালিন মুক্ত ঘোষণা করা হয়। সরকারের উদ্যোগে ফরমালিন পরীক্ষার বুথ নির্মাণ করা হয়। কিন্তু বাস্তব ফলাফল ও অব্যবস্থাপনা জনসাধারণের কোনো উপকারেই আসে নি। ফরমালিন পরীক্ষার মেশিন সম্পর্কে প্রশ্ন ওঠায় ভেস্তে গেছে এর কার্যক্রম। এ সুযোগ কাজে লাগিয়ে বাজারের অসাধু বিক্রেতারা ফরমালিন যুক্ত পণ্য বিক্রির ক্ষেত্রে আরও উৎসাহিত হয়েছে। কোনো বাজারেই এখন আর ফরমালিন বিরোধী কার্যক্রম চোখে পড়ে না। ফরমালিন শনাক্ত করার জন্য সংশ্লিষ্ট কর্মকর্তাদের এখন আর বাজারে পাওয়া যায় না।

সারসংক্ষেপ

জৈব যৌগ : জৈব যৌগ বলতে হাইড্রোজেন ও কার্বন দ্বারা গঠিত হাইড্রোকার্বন ও হাইড্রোকার্বন থেকে উদ্ভূত যৌগসমূহকে বোঝায়।

সমগোত্রীয় শ্রেণি : জৈব যৌগসমূহকে তাদের ধর্মের সাদৃশ্যের ভিত্তিতে বিভিন্ন শ্রেণিতে বিভক্ত করা হয়ে থাকে। এরূপ প্রত্যেক শ্রেণির যৌগকে সমগোত্রীয় শ্রেণি বলে।

সমাণুতা : জৈব যৌগের আণবিক সংকেত অভিন্ন হওয়া সত্ত্বেও এদের গাঠনিক সংকেতের ভিন্নতার কারণে ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের ভিন্নতা প্রকাশ পায়, যৌগের এ ধর্মকে সমাণুতা বলা হয়ে থাকে।

কাইরাল কার্বন : জৈব যৌগের অণুর ক্ষেত্রে কোনো অণুতে কার্বন পরমাণুর সাথে চারটি পরস্পর সম্পূর্ণ ভিন্ন একযোজী পরমাণু বা মূলক যুক্ত থাকলে ঐ কার্বনকে কাইরাল কার্বন বলা হয়ে থাকে।

রেসিমিক মিশ্রণ : সম মোলার এনানসিওমার যৌগের মিশ্রণকে রেসিমিক মিশ্রণ বলে। এটি একটি আলোক নিষ্ক্রিয় মিশ্রণ।

এনানসিওমার : যে আলোক সমাণুদ্বয় এক সমতলীয় আলোর তলকে একই আবর্তন কোণে পরস্পর বিপরীত দিকে আবর্তন করে এবং তাদের সমমোলার মিশ্রণের আবর্তন মাত্রা প্রশমিত হয়ে শূন্য হয়ে যায় তাদেরকে পরস্পরের এনানসিওমার বলে।

পলিমার : অ্যালকিন বা প্রতিস্থাপিত অ্যালকিনের অসংখ্য মনোমার অণু প্রয়োজনীয় তাপমাত্রা, চাপ ও প্রভাবকের উপস্থিতিতে সৃষ্ট দীর্ঘ কার্বন শিকলযুক্ত অণুকে পলিমার বলে।

প্লাস্টিসিটি : এটি প্লাস্টিক পণ্যের ধর্ম। প্লাস্টিক জাতীয় পদার্থের উপর বল প্রয়োগ করলে আকারের বিকৃতি ঘটে আবার বলের অপসারণ ঘটালে পুনরায় পূর্বের অবস্থায় ফিরে আসে।

টলেন বিকারক : 10% $AgNO_3$ দ্রবণ 30% NH_4OH দ্রবণ 1 : 2 অনুপাতে মিশালে যে দ্রবণ তৈরি হয় সেটিই টলেন বিকারক।

গ্লাইকোসাইড বন্ধন : গ্লুকোজ অণুসমূহের মধ্যে ঘনীভবন বিক্রিয়াকালে সৃষ্ট – C – O – C – বন্ধনকে গ্লাইকোসাইড বন্ধন বলে।

পেপটাইড বন্ধন : অ্যামিনো এসিডসমূহের মধ্যে ঘনীভবন বিক্রিয়ায় সৃষ্ট – CO — NH – বন্ধনকে পেপটাইড বন্ধন বলে।

অনুশীলনী ০২ ▶ এ অধ্যায়ের নির্বাচিত প্রশ্নাবলি

সৃজনশীল প্রশ্ন (Creative Questions)

১। নিচের যৌগ তিনটিকে মনোযোগ সহকারে দেখ :

(i) $CH_3 - \overset{Cl}{\overset{|}{C}} = CH - CH_3$; (ii) $CH_3 - \overset{Cl}{\overset{|}{C}}H - CH_2 - CH_3$; (iii) $CH_3 - \overset{OH}{\overset{|}{C}}H - COOH$

ক. কাইরাল কেন্দ্র বলতে কী বুঝ? ১

খ. সমগোত্রীয় শ্রেণির বৈশিষ্ট্যসমূহ লিখ। ২

গ. উদ্দীপকের যৌগগুলোর মধ্যে কোন যৌগটি জ্যামিতিক সমাণুতা প্রদর্শন করবে– ব্যাখ্যা কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের iii নং যৌগটি অন্য দুটি যৌগ অপেক্ষা সম্পূর্ণ ভিন্ন এক ধরনের সমাণুতা প্রদর্শন করে। যুক্তিসহকারে বিশ্লেষণ কর। ৪

২। কার্বন পরমাণুতে সংকরায়ন খুবই গুরুত্বপূর্ণ বিষয়। $CH_3 - CH_3$, $CH_2 = CH_2$, $CH \equiv CH$ অণুর গঠনের ক্ষেত্রে কার্বন পরমাণুতে বিভিন্ন প্রকার সংকরায়ন ঘটে থাকে।

ক. এনানসিওমার বলতে কী বোঝ? ১

খ. অ্যালকিন, 2°-অ্যালকোহল, এস্টার ও এসিড অ্যানহাইড্রাইডের কার্যকরী মূলকের সংকেত ও গাঠনিক সংকেত লিখ। ২

গ. উদ্দীপকের প্রথম দুটি যৌগের গঠনের ক্ষেত্রে কার্বন পরমাণুর সংকরায়ন ও অণুর গঠনের ব্যাখ্যা দাও। ৩

ঘ. উদ্দীপকের ৩য় অণুটির কার্বন-কার্বন বন্ধন দূরত্ব ২য় অণুর বন্ধন দূরত্ব অপেক্ষা ছোট হওয়ার কারণ বিশ্লেষণ কর। ৪

৩। কার্বোক্সিলিক এসিডে সমগোত্রীয় শ্রেণি যৌগের অণুতে –COOH মূলক উপস্থিত। এ মূলকের মধ্যে আবার $>C = O$ ও – OH মূলক বর্তমান। কার্বোক্সিল মূলক যুক্ত কার্বোক্সিলিক এসিডসমূহ অম্লধর্ম প্রকাশ করে।

ক. সিরকা বা ভিনেগার কী? ১

খ. কার্বোক্সিল মূলকে – OH মূলকের উপস্থিতি সত্ত্বেও তা অ্যালকোহলের বিক্রিয়া প্রদর্শন করে না কেন? ২

গ. উদ্দীপকের সমগোত্রীয় শ্রেণির যৌগের অণুতে $>C = O$ মূলকের উপস্থিতি সত্ত্বেও তা কেন কেন্দ্রাকর্ষী যুত বিক্রিয়া প্রদর্শন করে না– ব্যাখ্যা কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের শেষ উক্তিটির যথার্থতা ব্যাখ্যা কর। ৪

৪। A ও B দুটি ভিন্ন মনো হাইড্রিক অ্যালকোহল যা জারিত হয়ে C ও D উৎপন্ন করে। C যৌগটি ফেহলিং দ্রবণ পরীক্ষা প্রদর্শন করলেও D এ পরীক্ষা প্রদর্শন করে না।

ক. ক্লিমেনসন বিজারণ কী? ১

খ. ফরমালিন বলতে কী বুঝ? ২

গ. A, B, C ও D যৌগগুলোকে চিহ্নিত করে সংশ্লিষ্ট পরিবর্তনের বিক্রিয়া দেখাও। ৩

ঘ. C ও D যৌগ দুটিকে কীভাবে পার্থক্য করবে– বিশ্লেষণ কর। ৪

৫। 'A' দুই কার্বনবিশিষ্ট একটি জৈব যৌগ। একে Br_2 ও অ্যালকোহলীয় কস্টিক পটাস দ্রবণ দ্বারা উত্তপ্ত করলে এক কার্বন বিশিষ্ট যৌগ 'B' উৎপন্ন হয়। B যৌগটি NH_3 অপেক্ষা অধিক ক্ষারধর্মী।

ক. হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া কী? ১

খ. মেলামাইন কী? এর প্রস্তুতি দেখাও। ২

গ. A ও B যৌগ দুটি চিহ্নিত করে প্রয়োজনীয়– সমীকরণ দাও। ৩

ঘ. B যৌগ ও ফিনাইল অ্যামিন এর মধ্যে কোনটি দুর্বল ক্ষারক– বিশ্লেষণ কর। ৪

৬। A ($CH_2 = CH - CO - CH_3$) ও B ($CH_3 - CH = CH - CHO$) দুটি ভিন্ন জৈব যৌগ।

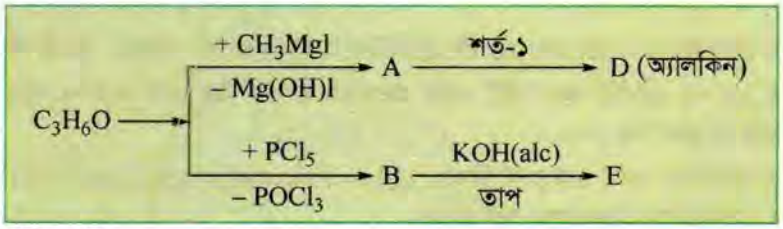
ক. কার্যকরী মূলক কাকে বলে? ১

খ. IUPAC পদ্ধতিতে A ও B যৌগ দুটির নাম লেখ। ২

গ. A ও B দুটি যৌগই অসম্পৃক্ত তা কীভাবে শনাক্ত করবে? ৩

ঘ. A ও B উভয় যৌগেই দুটি করে কার্যকরী মূলক বর্তমান – উক্তিটি যুক্তি দিয়ে বিশ্লেষণ কর। ৪

৭।



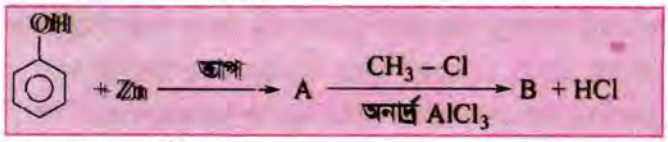
ক. রেসিমিক মিশ্রণ কী? ১

খ. মিথাইল বেনজিন অ্যারোমেটিক যৌগ কেন? ২

গ. A ও B চিহ্নিত কর এবং A যৌগ থেকে কিভাবে D যৌগ পাওয়া যায় তা বিক্রিয়াসহ উল্লেখ কর। ৩

ঘ. D ও E যৌগের হাইড্রোজেন পরমাণুর অম্লধর্মীতার তুলনামূলক বিশ্লেষণ কর। ৪

৮।



ক. মনোমার কী? ১

খ. পিরিডিন একটি অ্যারোমেটিক যৌগ– ব্যাখ্যা কর। ২

গ. A যৌগের অণুতে কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনের উপস্থিতি থাকা সত্ত্বেও এটি জৈব যৌগের অসম্পৃক্ততার পরীক্ষা প্রদর্শন না করার কারণ ব্যাখ্যা কর। ৩

ঘ. "B যৌগের বন্ধনের উপর প্রতিস্থাপকটির প্রভাব বিস্তার করে" – বিশ্লেষণ কর। ৪

বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Multiple Choice Questions)

১। $CH_3 - CH = C = CH - C \equiv CH$ অণুটিতে sp সংকরায়িত কার্বন পরমাণুর সংখ্যা হলো–
ক 2 খ 3 গ 4 ঘ 5

২। বিভিন্ন প্রকার সংকরায়িত কার্বনের তড়িৎ ঋণাত্মকতার সঠিক ক্রম হলো–
ক $C_{sp^3} > C_{sp^2} > C_{sp}$ খ $C_{sp} > C_{sp^3} > C_{sp^2}$
গ $C_{sp^3} > C_{sp} > C_{sp^2}$ ঘ $C_{sp} > C_{sp^2} > C_{sp^3}$

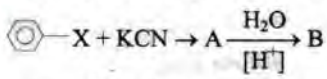
৩। $CH_3CHClCH(OH)COOH$ যৌগটির আলোক সক্রিয় সমাণুকের সংখ্যা–
ক 2 খ 4 গ 5 ঘ 6

৪। ইথেনের দহনের ফলে উৎপন্ন যৌগে কার্বনের সংকরায়নের পরিবর্তন ঘটে–
ক $sp^3 - sp^2$ খ $sp^3 - sp$
গ $sp^2 - sp$ ঘ $sp^2 - sp^3$

৫। $(CH_3)_2C = CH_2 \xrightarrow[Zn - H_2O;\ \text{তাপ}]{O_3} A + B + ZnO + H_2O$
A ও B যৌগ দুটি হলো যথাক্রমে–
ক ইথান্যাল ও মিথান্যাল খ প্রোপান্যাল ও মিথান্যাল
গ প্রোপানোন ও কার্বন-ডাইঅক্সাইড
ঘ প্রোপানোন ও মিথান্যাল

৬। কোন অ্যালকাইল হ্যালাইডটি S_N2 বিক্রিয়ায় নিষ্ক্রিয় থাকে?
ক $CH_3 - Cl$ খ $(CH_3)_2CHCl$
গ $CH_3 - CH_2Cl$ ঘ $(CH_3)_3CCl$

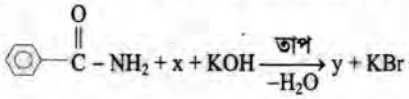
নিচের উদ্দীপকটি লক্ষ কর এবং ৭ ও ৮নং প্রশ্নের উত্তর দাও :



৭। A ও B যৌগ দুটি যথাক্রমে–
ক ফিনাইল সায়ানাইড ও বেনজালডিহাইড
খ ফিনাইল আইসোসায়ানাইড ও বেনজোয়িক এসিড
গ ফিনাইল আইসোসায়ানাইড ও বেনজালডিহাইড
ঘ ফিনাইল সায়ানাইড ও বেনজোয়িক এসিড

৮। B যৌগের কার্যকরী মূলকের সনাক্তকারী পরীক্ষা হলো–
ক ফেহ্‌লিং দ্রবণ পরীক্ষা খ টলেন বিকারক পরীক্ষা
গ কার্বিল অ্যামিন পরীক্ষা ঘ চুনের পানির পরীক্ষা

নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং ৯ ও ১০নং প্রশ্নের উত্তর দাও :



৯। x ও y যৌগ দুটি যথাক্রমে–
ক ব্রোমিন ও নাইট্রোবেনজিন
খ ব্রোমিন ও বেনজিন
গ ব্রোমিন ও ফিনাইল অ্যামিন
ঘ হাইড্রোজেন ব্রোমাইড ও বেনজিন

১০। y যৌগের কার্যকরী মূলকের সনাক্তকারী পরীক্ষা হলো–
ক ওজোনীকরণ
খ 2, 4-ডাইনাইট্রোফিনাইল হাইড্রাজিন পরীক্ষা
গ ক্লিমেনসন পরীক্ষা ঘ কার্বিল অ্যামিন পরীক্ষা

১১। কোন যৌগটি ফেহ্‌লিং দ্রবণের সাথে বিক্রিয়া করে লাল বর্ণের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে?
ক $CH_3 - \overset{O}{\overset{\|}{C}} - CH_3$ খ $C_6H_5 - CHO$
গ $H - COOH$ ঘ $CH_3 - CO$

১২। নিচের অ্যামাইডগুলোর মধ্যে কোনটি হফম্যান ক্ষুদ্রাংশকরণ বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে না?
ক $CH_3 - CONH_2$ খ $CH_3 - CH_2 - CONH_2$
গ $(CH_3)_2CH - CONH_2$ ঘ $CH_3 - CONH - CH_3$

১৩। নিচের কোন যৌগটি সবচেয়ে কম ক্ষারীয়?
ক NH_3 খ $C_6H_5 - NH_2$
গ $(C_6H_5)_2NH$ ঘ $(C_6H_5)_3N$

১৪। ফেনল শনাক্তকরণ করা হয় –
(i) $FeCl_3$ দ্রবণ দ্বারা
(ii) লিবারম্যান পরীক্ষায়
(iii) ব্রোমিন পানির পরীক্ষায়
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i খ ii গ i ও ii ঘ i, ii ও iii

১৫। ম্যাক্রো অণু কিন্তু পলিমার নয় কোনটি?
ক ব্যাকেলাইট খ মেলাডুর
গ নাইলন 6, 6 ঘ ক্লোরোফিল

১৬। $\overset{6}{CH_3} - \overset{5}{CH} = \overset{4}{C} = \overset{3}{CH} - \overset{2}{C} \equiv \overset{1}{CH}$ অণুতে sp সংকরিত কার্বন পরমাণুর সংখ্যা হলো–
ক 2 খ 3 গ 4 ঘ 5

১৭। $\overset{4}{CH_3} - \overset{3}{CH} = \overset{2}{CH} - \overset{1}{C} \equiv N$ যৌগে C পরমাণু 1 ও C-পরমাণু 2 এর সংকর অবস্থা যথাক্রমে–
ক sp ও sp^2 খ sp ও sp^3
গ sp^2 ও sp^3 ঘ sp^3 ও sp^2

১৮। n সংখ্যক বিশুদ্ধ পারমাণবিক অরবিটালের মিলনের ফলে উৎপন্ন সংকর অরবিটালের সংখ্যা–

ক (n + 1) খ (n – 1)
গ (4n + 2) ঘ n

১৯। $\overset{5}{C}H_2 = \overset{4}{C}H - \overset{3}{C}H_2 - \overset{2}{\underset{\|}{C}}H - \overset{1}{C}H_2 - CH_3$ অণুতে একই তলে অবস্থান করে এমন C ও H পরমাণুর সংখ্যা যথাক্রমে–

ক 5 ও 8 খ 5 ও 4 গ 7 ও 8 ঘ 5 ও 5

২০। নিচের কোন যৌগটি জ্যামিতিক সমাণুতা প্রদর্শন করবে?

ক $CH_3 - CH = CH_2$ খ $CH_3 - C \equiv C - CH_3$
গ $CH_3 - C \equiv N$ ঘ $CH_3 - C = \ddot{N} - OH$

২১। আলোক সমাণুকগুলোর মধ্যে বেশকিছু বৈশিষ্ট্য পরিলক্ষিত হয়। বৈশিষ্ট্যগুলো হলো–

(i) অণুতে কাইরাল কার্বনের উপস্থিতি থাকতে হবে
(ii) এক সমতলীয় আলোর তলকে ডানে বা বামে ঘুরিয়ে দেয়
(iii) সমাণুর কনফিগারেশন পরস্পর দর্পণ প্রতিবিম্ব হয়

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i ও ii খ i ও iii গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

২২। $(CH_3)_3C - CH_2 - CH(CH_3)_2$ অণুতে প্রাইমারি (1°), সেকেন্ডারি (2°), টারসিয়ারি (3°) ও কোয়াটারনারি কার্বন পরমাণুর সংখ্যা যথাক্রমে–

ক 4, 1, 2 ও 2 খ 1, 1, 2 ও 5
গ 5, 1, 1 ও 2 ঘ 5, 1, 1 ও 1

২৩। নিচের কোন দুটি অ্যালিফেটিক যৌগের মধ্যে সমাণুতা সম্ভব নয়?

ক ইথার ও অ্যালকোহল খ ইথার ও অ্যালডিহাইড
গ অ্যালডিহাইড ও কিটোন ঘ কার্বক্সিলিক এসিড ও এস্টার

২৪। $CH_3 - \overset{O}{\overset{\|}{C}} - \overset{NH_2}{\overset{|}{C}}H - CONH_2$ যৌগটির IUPAC নাম–

ক 3-অ্যামিনো-2-অক্সোবিউটান্যামাইড
খ 2-অ্যামিনো-1-অ্যামাইডো-3-পেন্টানোন
গ 3-অক্সো-2-অ্যামিনোবিউটান্যামাইড
ঘ 3-অক্সো-2-অ্যামিনো প্রোপান্যামাইড

২৫। ইনডাকটিভ এফেক্ট সম্পর্কে নিচের উক্তিগুলো লক্ষ কর–

(i) একক বন্ধনের ইলেকট্রনের সরণ অস্থায়ী প্রভৃতির
(ii) এর ফলে জৈব অণুতে দ্বিমেরুঘটিত আয়নিক প্রকৃতি প্রকাশ পায়
(iii) উৎস থেকে দূরত্ব বৃদ্ধির সাথে এর প্রভাব ক্রমশ হ্রাস পায়

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i ও ii খ i ও iii গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

২৬। $CH_2 = C = CH_2$ যৌগের অণুর ক্ষেত্রে নিচের উক্তিগুলো লক্ষ কর–

(i) অণুটিতে 6টি σ-বন্ধন ও 2টি π-বন্ধন বর্তমান
(ii) অণুটি সমতলীয়
(iii) কেন্দ্রীয় C পরমাণুটি sp সংকরিত হলেও প্রান্তীয় C পরমাণুগুলো sp^2 সংকরায়িত

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i ও ii খ i ও iii গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

২৭। $CH \equiv \overset{*}{C} - (CH_2)_2 - \overset{*}{C}ONH_2$ এ যৌগটিতে * চিহ্নিত কার্বন পরমাণু দুটির সংকরায়ন যথাক্রমে–

ক sp ও sp^3 খ sp ও sp^2
গ sp^2 ও sp^2 ঘ sp^2 ও sp^3

২৮। নিচের কোন যৌগটি জ্যামিতিক সমাণুতা প্রদর্শন করবে?

ক $CH_3 - CH = CBrCl$ খ $CH_3 - CBr = CH_2$
গ $(CH_3)_2C = CHCl$ ঘ $CH_3 - CBr = CHCl$

২৯। ব্যাকেলাইট একটি–

ক যুত পলিমার খ কো-পলিমার
গ থার্মোসেটিং ঘ থার্মোপ্লাস্টিক

৩০। নাইলন 6, 6 প্রস্তুত করতে ব্যবহার করা হয়–

ক সালফিউরাস এসিড খ কার্বোলিক এসিড
গ এডিপিক এসিড ঘ সালফার হেক্সাক্লোরাইড

৩১। বুনা-S এর 'S প্রতীকটি প্রকাশ করে–

ক সালফার খ সোডিয়াম
গ স্ট্র্যারিন ঘ এটি একটি ট্রেড নাম

৩২। নিচের উক্তিগুলো লক্ষ কর–

(i) বুনা-S কো পলিমারটি SBR নামে প্রচলিত
(ii) নাইলন-6 একটি তন্তু
(iii) প্রোটিন অণুতে গ্লাইকোসাইড বন্ধন বর্তমান

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i ও ii খ i ও iii গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

উত্তরমালা

১	খ	২	ঘ	৩	খ	৪	ক	৫	ঘ	৬	ঘ	৭	ঘ	৮	ঘ	৯	গ	১০	ঘ	১১	গ	১২	ঘ	১৩	ঘ	১৪	গ	১৫	ঘ
১৬	খ	১৭	ক	১৮	ঘ	১৯	ঘ	২০	ঘ	২১	ঘ	২২	ঘ	২৩	খ	২৪	গ	২৫	গ	২৬	খ	২৭	খ	২৮	ঘ	২৯	গ	৩০	গ
৩১	গ	৩২	ক																										

অধ্যায় ০৩

পরিমাণগত রসায়ন

Quantitative Chemistry


এন্থনি ল্যাবয়সিয়ে


অগাস্ট বিয়ার

ভূমিকা (Introduction)

বস্তুজগতে প্রতিনিয়ত পরিবর্তন ঘটছে। প্রকৃতি তার আপন সত্তায় পরিবর্তন ঘটিয়ে চলছে। এটি বড়ই বিস্ময়কর। আবার মানুষ তার প্রয়োজনে বিভিন্ন ধরনের রাসায়নিক উপাদানের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটিয়ে নতুন নতুন পদার্থের সৃষ্টি করছে। তবে ভরের নিত্যতা সূত্রানুসারে রাসায়নিক বিক্রিয়াকালে কোনো নতুন পরমাণুর সৃষ্টি হয় না। রাসায়নিক বিক্রিয়ার সময় বিক্রিয়াকারী পদার্থের অণুস্থিত বিভিন্ন পরমাণু উৎপন্ন নতুন পদার্থের অণু সৃষ্টিতে অংশগ্রহণ করে থাকে মাত্র। যেকোনো রাসায়নিক বিক্রিয়াতেই বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী উপাদানকে বিক্রিয়ক এবং উৎপন্ন পদার্থকে উৎপাদ বলা হয়ে থাকে। এদের প্রত্যেকেরই নির্দিষ্ট আণবিক সংকেত থাকে। সমতাযুক্ত রাসায়নিক সমীকরণে বিভিন্ন বিক্রিয়কের অণুস্থিত মোট পরমাণুর সংখ্যা এবং উৎপাদসমূহের অণুস্থিত মোট পরমাণুর সংখ্যা পরস্পর সমান থাকে।

রাসায়নিক সমীকরণে প্রতিটি মৌলের নির্দিষ্ট পারমাণবিক ভর ব্যবহার করে সমতাযুক্ত রাসায়নিক সমীকরণ থেকে বিক্রিয়ক ও উৎপাদের মধ্যে পরিমাণগত সম্পর্ক নির্ণয় করা যায়। রসায়নের যে শাখায় বিক্রিয়ক ও উৎপাদের এরূপ পরিমাণগত হিসাব করা হয়, তাকে রাসায়নিক গণনা বলা হয়ে থাকে।






শিখনফল (Learning Outcomes)

অধ্যায়টি অনুশীলন শেষে শিক্ষার্থীরা–

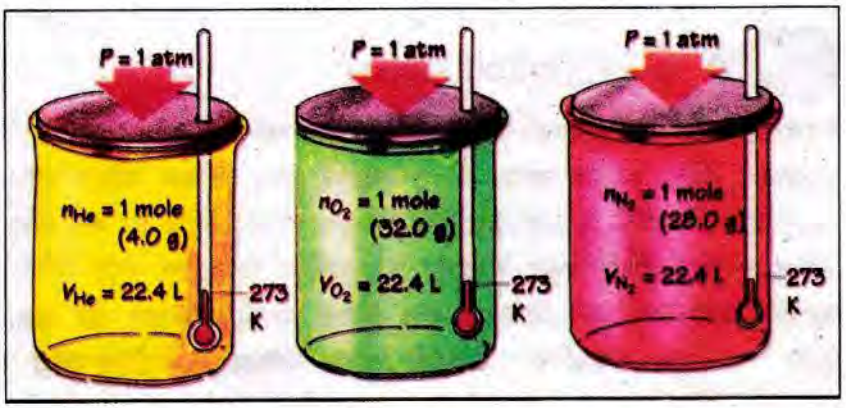
- রাসায়নিক গণনায় গ্যাসের মোলার আয়তন ব্যবহার করতে পারবে।
- রাসায়নিক সমীকরণ থেকে উৎপাদ গ্যাসের আয়তন নির্ণয় করতে পারবে।
- বিক্রিয়কের পরিমাণ থেকে গ্যাসীয় উৎপাদের পরিমাণ (ভর ও আয়তন) হিসাব করতে পারবে।
- ব্যবহারিক : সুলভ উপকরণ ব্যবহার করে বিক্রিয়ায় উৎপাদ গ্যাসের আয়তন নির্ণয় করতে পারবে।
- ব্যবহারিক : কঠিন ও তরল পদার্থ পরিমাপ করে নির্দিষ্ট মোলার ঘনমাত্রার দ্রবণ প্রস্তুত করতে পারবে।
- দ্রবণের মোলারিটিকে শতকরা ও পিপিএম (ppm) এককে প্রকাশ করতে পারবে।
- ব্যবহারিক : নির্দিষ্ট ঘনমাত্রার দ্রবণ থেকে অন্য ঘনমাত্রার দ্রবণ প্রস্তুত করতে পারবে।
- এসিড-ক্ষার প্রশমন বিক্রিয়া ও প্রশমন বিন্দু ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- জারণ-বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়ায় ইলেকট্রন স্থানান্তর হিসাব করে বিক্রিয়ার সমতা করতে পারবে।
- বিক্রিয়ার সমাপ্তি বিন্দু নির্ণয়ে নির্দেশকের ভূমিকা ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- ব্যবহারিক : রঙিন উদ্ভিদ ব্যবহার করে এসিড-ক্ষার বিক্রিয়ার প্রশমন বিন্দু নির্ণয় করতে পারবে।
- ব্যবহারিক : অম্ল-ক্ষার টাইট্রেশনের মাধ্যমে অজানা দ্রবণে এসিড/ক্ষারের পরিমাণ নির্ণয় করতে পারবে।
- ব্যবহারিক : জারণ-বিজারণ টাইট্রেশনের মাধ্যমে দ্রবণে বিদ্যমান ধাতব আয়নের পরিমাণ নির্ণয় করতে পারবে।
- বিয়ার ল্যাম্বার্ট সূত্র ব্যবহার করে সরবরাহকৃত ডাটা থেকে দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয় করতে পারবে।
- Atomic absorption, UV-Visible spectroscopy, HPLC ও GC-এর পরিমাণগত বিশ্লেষণের মূলনীতি ব্যাখ্যা করতে পারবে।

প্রধান শব্দ (Key words) : ➤ মোলার দ্রবণ ➤ মোলারিটি ➤ ppm ➤ প্রশমন ➤ জারণ-বিজারণ ➤ নির্দেশক ➤ প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ ➤ সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ।

৩.১ রাসায়নিক গণনা ও গ্যাসের মোলার আয়তন

(Chemical calculation and Molar Volume of gases)

গ্যাসের মোলার আয়তন বলতে এক মোল গ্যাসীয় পদার্থের আয়তনকে বোঝানো হয়ে থাকে। এ আয়তন পদার্থের অবস্থা, তাপমাত্রা ও চাপের উপর নির্ভরশীল। নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে এক মোল গ্যাসের আয়তনকে গ্যাসের মোলার আয়তন বলে। এ আয়তন নির্ণয়ের ক্ষেত্রে অ্যাভোগাড্রো সূত্র বিশেষ ভূমিকা রেখেছে। তাঁর মতে– "একই তাপমাত্রা ও চাপে সকল গ্যাসের মোলার আয়তন সমান এবং প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে তা 22.4 L." তবে 25 °C তাপমাত্রা ও 1 atm চাপে গ্যাসের মোলার আয়তন 24.789 L.



চিত্র ৩.১ : বিভিন্ন গ্যাসের মোলার আয়তন

গ্যাসের মোলার আয়তন নির্ণয়ের ক্ষেত্রে অ্যাভোগাড্রো সংখ্যাও কম গুরুত্বপূর্ণ নয়। যেকোনো মৌল বা যৌগের আণবিক ভরের মধ্যে এর অণুর সংখ্যা এবং মৌলের পারমাণবিক ভরের মধ্যে এর পরমাণুর সংখ্যা সমান। এর মান 6.023×10^{23}। একে সাধারণত 'N' দ্বারা প্রকাশ করা হয়ে থাকে। প্রকৃত অর্থে অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা, মোলার আয়তন, মোল ও আণবিক ভরের মধ্যে সম্পর্ক বর্তমান। যেমন

১. আণবিক ভর = এক গ্রাম অণু = এক মোল = STP তে 22.4 L = 6.023×10^{23} টি অণু।

২. পারমাণবিক ভর = এক গ্রাম পরমাণু = 6.023×10^{23} টি পরমাণু।

৩. পদার্থের একটি অণুর ভর = $\frac{\text{গ্রাম আণবিক ভর}}{6.023 \times 10^{23}}$ g

৪. মৌলের একটি পরমাণুর ভর = $\frac{\text{মৌলের গ্রাম পারমাণবিক ভর}}{6.023 \times 10^{23}}$ g

৫. তাপমাত্রা ও চাপের পরিবর্তনের ফলে গ্যাসের আয়তনের পরিবর্তন ঘটে কিন্তু এর মোল সংখ্যা, ভর সংখ্যা বা অণুর সংখ্যার কোনো পরিবর্তন ঘটে না।

৬. STP তে একটি গ্যাসীয় অণুর আয়তন = $\frac{22.4}{6.023 \times 10^{23}}$ L.

৭. STP তে 1 L গ্যাসে অণুর সংখ্যা = $\frac{6.023 \times 10^{23}}{22.4}$ টি

৮. STP তে এক গ্রাম গ্যাসের আয়তন = $\frac{22.4}{\text{গ্যাসের গ্রাম আণবিক ভর}}$ L

> কার্বন স্কেল অনুসারে, 12 g কার্বনে 6.023×10^{23} টি কার্বন পরমাণু থাকে, কোনো উপাদানের যত গ্রাম ভরে ঐ সমসংখ্যক অণু বা পরমাণু বা আয়ন থাকে, তত গ্রাম ভরকে ঐ পদার্থের এক মোল বলা হয়ে থাকে। 'মোল' কে গ্রাম আণবিক ভর বা গ্রাম অণু বা গ্রাম পরমাণু বা গ্রাম আয়ন বলা হয়।

কোনো মৌল বা যৌগের আণবিক ভরকে গ্রামে প্রকাশ করলে যে পরিমাণ পাওয়া যায়, মৌলের বা যৌগের ঐ পরিমাণকে তার এক মোল বলা হয়ে থাকে। যেমন CO_2 এর আণবিক ভর 44; তাই 44 g CO_2 হলো এক মোল CO_2। অক্সিজেনের আণবিক ভর 32। তাই 32 g অক্সিজেন হলো এক মোল অক্সিজেন।

একইভাবে কোনো মৌলের পারমাণবিক ভরকে গ্রামে প্রকাশ করলে যে পরিমাণ পাওয়া যায় ঐ পরিমাণকে ঐ মৌলের এক গ্রাম পারমাণবিক ভর বা এক মোল পরমাণু বলা হয়ে থাকে। যেমন অক্সিজেনের পারমাণবিক ভর 16. তাই 16g অক্সিজেন = 1g পারমাণবিক ভর অক্সিজেন বা এক মোল পরমাণু অক্সিজেন। একইভাবে কার্বনের পারমাণবিক ভর 12। অতএব 12g কার্বন = 1g পারমাণবিক ভর পরিমাণ কার্বন বা এক মোল পরমাণু কার্বন।

উদাহরণস্বরূপ, এক মোল অক্সিজেন পরমাণু হলো 16 g অক্সিজেন। সংক্ষেপে 16 g পরমাণু অক্সিজেন যার মধ্যে 6.023×10^{23} টি অক্সিজেন পরমাণু থাকে। একইভাবে এক মোল অক্সিজেন অণু হলো 32 g অক্সিজেন। 32 g অণু অক্সিজেন, যার মধ্যে 6.023×10^{23} টি অক্সিজেন অণু থাকে। একইভাবে এক মোল CO_2 বলতে 44 g CO_2 কে বোঝায়। এই এক মোল CO_2 বা 44 g CO_2 এর মধ্যে এর অণুর সংখ্যা 6.023×10^{23} টি। গ্যাসীয় উপাদানের ক্ষেত্রে এক মোল বা 6.023×10^{23} টি অণুর আয়তন প্রমাণ অবস্থায় 22.4 dm^3।

উদাহরণ ১ : 7.5 g কার্বনকে দহন করে প্রমাণ অবস্থায় কত আয়তন CO_2 পাওয়া যাবে?

সমাধান : $C + O_2 \longrightarrow CO_2$

12g 32g 22.4 dm^3.

12 g কার্বনকে দহন করে প্রমাণ অবস্থায় CO_2 পাওয়া যায় 22.4 dm^3

7.5 g ,, ,, ,, ,, ,, CO_2 ,, ,, $\frac{22.4 \times 7.5}{12}$ $dm^3 = 14$ dm^3

∴ 7.5 g কার্বনকে দহন করে প্রমাণ অবস্থায় 14 dm^3 CO_2 পাওয়া যাবে।

৩.২ রাসায়নিক সমীকরণ থেকে উৎপাদ গ্যাসের আয়তন নির্ণয়

(Determination the Volume of Gases from Chemical Equation)

কোনো রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সমগ্র রাসায়নিক পরিবর্তনকে বিক্রিয়ক ও উৎপাদসমূহের প্রতীক, সংকেত ও বেশ কিছু বীজগণিতীয় চিহ্নের সাহায্যে প্রকাশ করার পদ্ধতিই রাসায়নিক সমীকরণ। অর্থাৎ রাসায়নিক বিক্রিয়ার পূর্ণ অর্থবোধক অথচ সংক্ষিপ্ত রূপই রাসায়নিক সমীকরণ। যেমন কঠিন কার্বন ও অক্সিজেন গ্যাস রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে গ্যাসীয় কার্বন ডাইঅক্সাইড উৎপন্ন করে থাকে। $C(s) + O_2(g) = CO_2(g)$

12g 32g 44g বা 22.4 dm^3

কঠিন চুনাপাথরকে 800°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে চুনাপাথরের বিয়োজন ঘটে। ফলে কঠিন ক্যালসিয়াম অক্সাইড ও কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। $CaCO_3(s) \xrightarrow{800°C} CaO(s) + CO_2(g)$

100g 56 g 44 g বা 22.4 dm^3

প্রথম বিক্রিয়ায় 12 g কার্বন 32 g অক্সিজেনের সাথে যুক্ত হয়ে প্রমাণ অবস্থায় 22.4 dm^3 CO_2 গ্যাস উৎপন্ন করেছে। দ্বিতীয় বিক্রিয়াতে 100 g কঠিন চুনাপাথর বিয়োজিত হয়ে 56 g কঠিন CaO ও প্রমাণ অবস্থায় 22.4 dm^3 CO_2 উৎপন্ন করেছে।

উদাহরণ ১ : 25 g নমুনা চুনাপাথরকে অতিরিক্ত HCl এ দ্রবীভূত করায় 37 °C তাপমাত্রা ও 99.99 kPa চাপে 5.05 dm^3 CO_2 পাওয়া যায়। নমুনাতে বিশুদ্ধ $CaCO_3$ এর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।

সমাধান : বয়েল ও চার্লসের সমন্বয় সূত্র হতে আমরা পাই, $\frac{PV}{T} = \frac{P_1V_1}{T_1}$

∴ $V = \frac{P_1V_1T}{PT_1}$

বা, $V = \frac{99.99 \times 5.05 \times 273}{101.325 \times 310} = 4.38866$ dm^3

STP তে প্রাপ্ত CO_2 এর আয়তন 4.38866 dm^3.

$CaCO_3 + 2HCl \longrightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$

100 g 22.4 dm^3

STP তে 22.4 dm^3 CO_2 পেতে প্রয়োজনীয় বিশুদ্ধ চুনাপাথর 100 g

এখানে, V = STP. তে CO_2 আয়তন = ?

P = STP তে চাপ = 101.325 kPa

T = STP তে তাপমাত্রা = 273 K

V_1 = CO_2 এর প্রাথমিক আয়তন = 5.05 dm^3

P_1 = প্রাথমিক চাপ = 99.99 kPa

T_1 = প্রাথমিক তাপমাত্রা = (37 + 273)K = 310 K

STP তে 4.38866 dm^3 CO_2 পেতে প্রয়োজনীয় বিশুদ্ধ চুনাপাথর $\frac{100 \times 4.38866}{22.4}$ g = 19.5922 g

∴ 25 g নমুনা চুনাপাথরে বিশুদ্ধ $CaCO_3$ 19.5922 g

100 g ,, ,, ,, $CaCO_3$ $\frac{19.5922 \times 100}{25}$ g = 78.369 g

নমুনাতে বিশুদ্ধ $CaCO_3$ এর শতকরা বিশুদ্ধতার পরিমাণ 78.369%।

উদাহরণ ২ : প্রমাণ অবস্থায় 56 dm^3 হাইড্রোজেন ও 3.5 dm^3 অক্সিজেন এর মধ্যে প্রয়োজনীয় শর্তে বিক্রিয়া ঘটিয়ে পানি উৎপন্ন করা হলো। উৎপন্ন পানির পরিমাণ কত?

সমাধান : $2H_2$ + O_2 = $2H_2O$ সমীকরণ হতে দেখা যায়–

2×22.4 dm^3 22.4 dm^3 36 g

2×22.4 dm^3 হাইড্রোজেনের সম্পূর্ণভাবে বিক্রিয়া করতে প্রয়োজনীয় অক্সিজেন 22.4 dm^3

56 dm^3 ,, ,, ,, ,, ,, ,, $\frac{56 \times 22.4}{2 \times 22.4}$ dm^3 = 28 dm^3

এখানে দেখা যায় প্রমাণ অবস্থায় 56 dm^3 হাইড্রোজেনের সাথে সম্পূর্ণভাবে বিক্রিয়া করার জন্য যে পরিমাণ অক্সিজেনের প্রয়োজন ঐ পরিমাণ অক্সিজেন বিক্রিয়াস্থলে উপস্থিত নেই। তাই হাইড্রোজেন সম্পূর্ণভাবে বিক্রিয়া না করে আংশিকভাবে বিক্রিয়া করবে।

পুনরায়, 22.4 dm^3 অক্সিজেনের সাথে সম্পূর্ণভাবে বিক্রিয়া করতে প্রয়োজনীয় হাইড্রোজেন 2×22.4 dm^3

3.5 dm^3 ,, ,, ,, ,, ,, ,, $\frac{3.5 \times 2 \times 22.4}{22.4}$ dm^3 = 7 dm^3

এখানে দেখা যায় 3.5 dm^3 অক্সিজেনের সাথে সম্পূর্ণভাবে বিক্রিয়া করার মতো প্রয়োজনীয় হাইড্রোজেন বিক্রিয়াস্থলে উপস্থিত আছে। ফলে 3.5 dm^3 অক্সিজেন সম্পূর্ণভাবে বিক্রিয়া করে পানি উৎপন্ন করবে।

প্রমাণ অবস্থায় 22.4 dm^3 অক্সিজেনের সাথে হাইড্রোজেনের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পানি 36 g

3.5 dm^3 ,, ,, ,, ,, ,, ,, $\frac{36 \times 3.5}{22.4}$ g = 5.625 g

∴ উৎপন্ন পানির পরিমাণ 5.625 g।

নিজে কর – ৩.১ :

১. 20 g ZnO কে কার্বন বিজারণ করে কী পরিমাণ Zn ধাতু পাওয়া যাবে? প্রমাণ অবস্থায় উৎপন্ন CO_2 এর আয়তন কত? (Zn = 65.4) **উত্তর :** 16.06 g, 2.7518 dm^3।

২. 120 g পটাসিয়াম ক্লোরেটকে 750 °C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে প্রমাণ অবস্থায় কত আয়তন অক্সিজেন পাওয়া যাবে? (K = 39.1, Cl = 35.5 O = 16) **উত্তর :** 32.8874 dm^3।

৩. 150 g পটাসিয়াম ক্লোরেটকে 750 °C তাপমাত্রায় বিয়োজন করে প্রমাণ অবস্থায় যে পরিমাণ অক্সিজেন পাওয়া যায় একই পরিমাণ অক্সিজেন পেতে হলে কী পরিমাণ মারকিউরিক অক্সাইডকে বিয়োজন করায় প্রয়োজন? (Hg = 200) **উত্তর :** 792.822 g।

৪. 90% বিশুদ্ধ 155 g নমুনা চুনাপাথরকে অতিরিক্ত HCl(aq) এ দ্রবীভূত করে 27 °C তাপমাত্রা ও 99.99 kPa চাপে কত আয়তন CO_2 পাওয়া যাবে? **উত্তর :** 34.7969 dm^3।

৫. 15 g Ca ধাতুর উপর দিয়ে উত্তপ্ত অবস্থায় N_2 গ্যাস চালনা করে উৎপন্ন যৌগের সাথে পানির বিক্রিয়া ঘটিয়ে NH_3 গ্যাস উৎপন্ন করা হলো। প্রমাণ অবস্থায় উৎপন্ন NH_3 এর আয়তন নির্ণয় কর। **উত্তর :** 5.6 dm^3।

৬. 95% বিশুদ্ধ 210 g নমুনা চুনাপাথরকে অতিরিক্ত HCl(aq) এ দ্রবীভূত করে প্রমাণ অবস্থায় যে পরিমাণ CO_2 পাওয়া যায় ঐ পরিমাণ CO_2 কী পরিমাণ কস্টিক সোডাকে সম্পূর্ণভাবে Na_2CO_3 এ পরিণত করবে? **উত্তর :** 159.6 g।

৭. 15 g কস্টিক সোডাকে সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত করতে প্রমাণ অবস্থায় যে পরিমাণ CO_2 এর প্রয়োজন ঐ পরিমাণ CO_2 পেতে 90%(W/W) বিশুদ্ধ চুনাপাথর নমুনার কী পরিমাণের প্রয়োজন? **উত্তর :** 20.8333 g।

৮. 25 g নমুনা চুনাপাথরকে অতিরিক্ত HCl এ দ্রবীভূত করায় 37 °C তাপমাত্রা ও 99.99 kPa চাপে 5.05 dm^3 CO_2 পাওয়া গেল। নমুনা চুনাপাথরে বিশুদ্ধ $CaCO_3$ এর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। **উত্তর :** 78.369%।

৯. 120 g কপার (II) অক্সাইডের উপর দিয়ে উত্তপ্ত অবস্থায় NH_3 গ্যাস চালনা করে 27 °C তাপমাত্রা ও 95.95 kPa চাপে কত আয়তন N_2 গ্যাস পাওয়া যাবে? **উত্তর :** 13.07889 dm^3।

১০. 95% (W/W) বিশুদ্ধ 75.1166 g নমুনা লোহাকে অতিরিক্ত সালফিউরিক এসিডের সাথে সম্পূর্ণভাবে বিক্রিয়া করে 37 °C তাপমাত্রা ও 1 atm চাপে কত আয়তন H_2 গ্যাস পাওয়া যাবে? (ভেজাল কোন উপাদান H_2 উৎপন্ন করে না।) **উত্তর :** 32.50 dm^3।

১১. 65 g খাদ্য লবণের সাথে H_2SO_4 এর বিক্রিয়ায় প্রমাণ অবস্থায় কত আয়তন HCl(g) পাওয়া যাবে? এ প্রক্রিয়ায় কত গ্রাম H_2SO_4 বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করেছিল? **উত্তর :** 24.8889 dm^3 HCl, 54.444 g H_2SO_4।

১২. ক্যালসিয়াম কার্বাইড (CaC_2) ও পানির বিক্রিয়ায় ইথাইন গ্যাস উৎপন্ন হয়। 15.65 g CaC_2 এর সাথে পানির বিক্রিয়ায় 30 °C তাপমাত্রায় ও 1 atm চাপে কী পরিমাণ ইথাইন গ্যাস উৎপন্ন করা যাবে? **উত্তর :** 6.0794 dm^3।

১৩. 90%(W/W) বিশুদ্ধ নমুনা চুনাপাথরের 110 g কে অতিরিক্ত HCl(aq) দ্রবীভূত করে 27 °C তাপমাত্রা ও 99.99 kPa চাপে কত আয়তন CO_2 পাওয়া যাবে? **উত্তর :** 24.6946 dm^3।

১৪. Mg ধাতু লঘু HCl এর সাথে বিক্রিয়া করে H_2 গ্যাস উৎপন্ন করে। 30 °C তাপমাত্রা ও 95.95 kPa চাপে 5.68625 dm^3 H_2 উৎপন্ন করতে বিক্রিয়াকারী Mg টুকরার ভর কত? (Mg = 24.24) **উত্তর :** 5.25 g।

১৫. FeS ও লঘু H_2SO_4 এর বিক্রিয়ায় H_2S গ্যাস উৎপন্ন হয়। 30 °C তাপমাত্রা ও 95.95 kPa চাপে 15.25 g FeS হতে কত আয়তন H_2S গ্যাস উৎপন্ন করা যাবে? **উত্তর :** 4.5575 dm^3।

১৬. একজন পর্বত আরোহীর দৈহিক শক্তি অর্জনের জন্য প্রতি মিনিটে 90 mg গ্লুকোজের প্রয়োজন। অভিযাত্রা সম্পন্ন করতে চারদিন চার ঘণ্টা চল্লিশ মিনিট সময়ের প্রয়োজন হলে, তাকে 25 °C তাপমাত্রা ও 10 atm চাপে কত m^3 অক্সিজেন বহন করতে হবে। **উত্তর :** 4.43057×10^{-2} m^3।

১৭. 0.6905 kg দস্তার সাথে H_2SO_4 এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন H_2 দ্বারা 5 dm^3 আয়তনের কতটি বেলুনকে ভর্তি করা যাবে? যেখানে বেলুনের ভিতরের চাপ 790 mm (Hg) ও তাপমাত্রা 27 °C। **উত্তর :** 50টি।

১৮. $Zn(s) + H_2SO_4(aq) \longrightarrow ZnSO_4(aq) + H_2(g)$ এ বিক্রিয়ায় উৎপন্ন H_2 গ্যাসকে পানির উপরিতলে সংগ্রহ করা হলো। যদি 0.725 g Zn ধাতু সম্পূর্ণভাবে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে তবে 30 °C তাপমাত্রা ও 772.5 mm (Hg) চাপে সংগৃহীত H_2 গ্যাসের আয়তন নির্ণয় কর। এর ভরই বা কত? (30 °C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ 28 mm (Hg) এবং Zn = 65.4)।
উত্তর : আয়তন 0.2815 dm^3 এবং ভর 2.217×10^{-2} g।

১৯. 10.7g নিশাদল থেকে সম্পূর্ণভাবে NH_3 উৎপন্ন করতে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী চুনের পরিমাণ কত? এ প্রক্রিয়ায় প্রমাণ অবস্থায় কত আয়তন NH_3 পাওয়া যাবে? **উত্তর :** চুনের পরিমাণ 5.6 g এবং NH_3 পাওয়া যাবে 4.48 dm^3।

২০. 5 g Cu ও 5 g S এর সাথে পৃথক পৃথকভাবে উত্তপ্ত অবস্থায় গাঢ় H_2SO_4 এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন SO_2 এর আয়তন প্রমাণ অবস্থায় নির্ণয় কর। **উত্তর :** 12.263779 dm^3।

২১. 50 g কস্টিক পটাসকে 70 °C তাপমাত্রায় অতিরিক্ত পরিমাণ Cl_2 এর সাথে বিক্রিয়া ঘটিয়ে $KClO_3$ এ পরিণত করতে কী পরিমাণ MnO_2 ও HCl এর প্রয়োজন পড়বে? **উত্তর :** MnO_2 এর পরিমাণ 38.8392 g, HCl 65.1785 g।

২২। 5 g ভরের KCl ও KI এর মিশ্রণের জলীয় দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট যোগ করে 8.25 g সিলভার হ্যালাইড পাওয়া গেল। মিশ্রণে KCl ও KI এর শতকরা সংযুক্তি গণনা কর। (K = 39, Cl = 35.5, I = 127, Ag = 108)
উত্তর : KCl 45.9024% এবং KI 54.0976%।

২৩. বায়ুতে আয়তন হিসেবে শতকরা 21 ভাগ অক্সিজেন। শতকরা 8.5 ভাগ অদাহ্য পদার্থ আছে এরূপ 1kg কয়লাকে বায়ুতে পোড়াতে প্রমাণ অবস্থায় কত আয়তন বায়ুর প্রয়োজন? **উত্তর :** 8133.33 dm^3।

৩.৩ বিক্রিয়কের পরিমাণ থেকে গ্যাসীয় উৎপাদের ভর ও আয়তন নির্ণয়

(Determination the Mass & Volume of gaseous product from the amount of Reactant)

প্রতিটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার ক্ষেত্রেই বিক্রিয়ক বিক্রিয়া করে উৎপাদে পরিণত হয়। বিক্রিয়কের ভৌত অবস্থা যেমন কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় হতে পারে উৎপাদের ভৌত অবস্থাও একইভাবে উল্লিখিত তিন প্রকৃতিরই হতে পারে। তবে উৎপাদের ভৌত অবস্থা যদি গ্যাসীয় হয় তবে এক্ষেত্রে উৎপন্ন গ্যাসীয় উৎপাদকে আমরা ভরের মাধ্যমেও প্রকাশ করতে পারি। অ্যাভোগাড্রো সূত্র হতে জেনেছি একই তাপমাত্রা ও চাপে সকল গ্যাসের মোলার আয়তন সমান এবং প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে তা 22.4 dm^3; আবার আণবিক ভর, মোলার আয়তন ও মোলের মধ্যে সম্পর্ক হলো :

আণবিক ভর = এক গ্রাম অণু = এক মোল = STP তে 22.4 dm^3.

আবার এও তোমরা জেনে রাখ তাপমাত্রা ও চাপের পরিবর্তনের ফলে গ্যাসের আয়তনের পরিবর্তন ঘটে কিন্তু মোল সংখ্যা, ভর সংখ্যা বা অণুর সংখ্যার কোন পরিবর্তন ঘটে না। ফলে রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন গ্যাসীয় উৎপাদকে আমরা ভর বা আয়তন যেকোনো ভাবেই প্রকাশ করতে পারি। গ্যাসীয় উৎপাদের ক্ষেত্রে তাপমাত্রা ও চাপ জেনেই আয়তন নির্ধারণ করা হয় এবং এ আয়তনকেই ভরে পরিবর্তিত করা হয়ে থাকে। একইভাবে উৎপাদের পরিমাণ ভর থেকে STP তে এর আয়তন নির্ধারণ করা যায় এবং এ আয়তনকে পরিবর্তিত তাপমাত্রা ও চাপে পরিবর্তিত আয়তন কতো তা অতি সহজেই গণনা করতে পারবে। এ ক্ষেত্রে তোমরা বয়েল ও চার্লসের সূত্রের সমন্বয় সমীকরণকে অনুসরণ করবে।

উদাহরণ ১ : 25 g বিশুদ্ধ চুনাপাথর নমুনাকে অতিরিক্ত HCl এ দ্রবীভূত করে কত ভরের CO_2 গ্যাস পাওয়া যাবে এবং STP তে এর আয়তনই বা কত?

সমাধান : চুনাপাথর ($CaCO_3$) ও HCl এর বিক্রিয়ার সমীকরণটি–

$$\underset{100\ g}{CaCO_3(s)} + 2HCl(aq) \longrightarrow CaCl_2(aq) + H_2O(l) + \underset{44g\ বা\ 22.4\ dm^3}{CO_2(g)}$$

100 g $CaCO_3$ হতে উৎপন্ন CO_2 এর ভর 44 g.

25 g $CaCO_3$ " " CO_2 " " $\frac{44 \times 25}{100}$ g = 11 g

আবার 100 g $CaCO_3$ হতে উৎপন্ন CO_2 এর আয়তন STP তে 22.4 dm^3

∴ 25 g $CaCO_3$ " " CO_2 " " " $\frac{22.4 \times 25}{100}$ dm^3 = 5.6 dm^3

তাহলে তোমরা পেলে উৎপন্ন CO_2 এর ভর 11 g এবং প্রমাণ অবস্থায় এ CO_2 এর আয়তন 5.6 dm^3।

উদাহরণ ২ : 15 g নিশাদলের সাথে অতিরিক্ত কুইক লাইমের বিক্রিয়ায় কত ভরের NH_3 গ্যাস পাওয়া যাবে? উৎপন্ন NH_3 এর আয়তন প্রমাণ অবস্থায় নির্ণয় কর।

সমাধান : নিশাদল (NH_4Cl) ও কুইক লাইম (CaO) এর মিশ্রণকে উত্তপ্ত করলে বিক্রিয়ার সমীকরণটি–

$$\underset{107\ g}{2NH_4Cl(s)} + CaO(s) \xrightarrow{\text{তাপ}} CaCl_2(s) + H_2O(g) + \underset{34\ g\ বা\ 2 \times 22.4\ dm^3}{2NH_3(g)}$$

107 g NH_4Cl হতে উৎপন্ন NH_3 গ্যাসের ভর 34 g

15 g NH_4Cl " " NH_3 " " $\frac{34 \times 15}{107}$ g = 4.766355 g

পুনরায় 107 g NH_4Cl হতে উৎপন্ন NH_3 গ্যাসের আয়তন STP তে 2×22.4 dm^3

∴ 15 g NH_4Cl " " NH_3 " " " $\frac{2 \times 22.4 \times 15}{107}$ dm^3 = 6.28037 dm^3.

ভিন্নভাবেও তোমরা উৎপন্ন NH_3 এর ভরকে আয়তনে পরিবর্তন করতে পারবে।

আণবিক ভর = এক মোল = STP তে 22.4 dm^3

17 g NH_3 এর STP তে আয়তন 22.4 dm^3

∴ 4.766355 g NH_3 এর STP তে আয়তন $\frac{22.4 \times 4.766355}{17}$ dm^3 = 6.28037 dm^3

নিজে কর – ৩.২ :

১. 2.55 g ভরের Mg টুকরাকে অতিরিক্ত HCl এ সম্পূর্ণভাবে দ্রবীভূত করে 27 °C তাপমাত্রা ও 99.99 kPa চাপে কত আয়তনের H_2 গ্যাস পাওয়া যাবে। প্রাপ্ত H_2 এর ভরই বা কত? (Mg = 24.24) **উত্তর :** ভর 21.0396×10^{-2} g, আয়তন 2.62406 dm^3।

২. 25.15 g $KClO_3$ কে 750 °C তাপমাত্রায় সম্পূর্ণভাবে বিয়োজিত করে 50 °C তাপমাত্রা ও 1.25 atm চাপে কত আয়তন অক্সিজেন পাওয়া যাবে এবং প্রাপ্ত অক্সিজেনের ভর কত? **উত্তর :** আয়তন 6.524 dm^3, ভর 9.84665 g।

৩. 280 °C তাপমাত্রা ও 2.85 atm চাপে 25 g NH_4NO_3 এর বিস্ফোরণজনিত বিয়োজনের ফলে কত আয়তন O_2 গ্যাস উৎপন্ন হবে। উৎপন্ন অক্সিজেনের ভর নির্ণয় কর। **উত্তর :** গ্যাসের আয়তন 2.487629 dm^3, অক্সিজেনের ভর 5 g।

৪. 13.5 g HgO কে সম্পূর্ণ বিয়োজিত করে উৎপন্ন O_2 কে 37 °C তাপমাত্রা ও 102.95 kPa চাপে পানির উপরে সংগ্রহ করা হলো। সংগৃহীত O_2 এর ভর ও আয়তন নির্ণয় কর। (37 °C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ 3.85 kPa)
উত্তর : ভর 1 g, আয়তন 0.812718 dm^3।

৫. দেশলাইয়ের কাঠি জ্বালালে P_4S_3 বায়ুর O_2 দ্বারা প্রজ্জ্বলিত হয়ে P_4O_{10} এর সাদা ধোঁয়া ও SO_2 গ্যাস উৎপন্ন করে। 75 mg P_4S_3 এর দহনের ফলে 27 °C তাপমাত্রা ও 102.25 kPa চাপে কত আয়তন SO_2 পাওয়া যাবে? এ প্রক্রিয়ায় কত গ্রাম O_2 বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করেছিল এবং উৎপন্ন P_4O_{10} এর ভরই বা কত? **উত্তর :** উৎপন্ন SO_2 এর আয়তন 24.94708 cm^3, বিক্রিয়া অংশগ্রহণকারী O_2 এর ভর 87.272 mg, উৎপন্ন P_4O_{10} এর ভর 96.818 mg।

৬. 5.75 g MnO_2 এর সাথে HCl এর বিক্রিয়ায় 27 °C তাপমাত্রা ও 102.25 kPa চাপে কত আয়তন Cl_2 পাওয়া যাবে? উৎপন্ন Cl_2 এর ভর নির্ণয় কর। (Mn = 54.94) **উত্তর :** Cl_2 এর আয়তন 1.61327 dm^3 এবং ভর 4.6958 g।

৭. 10.25 g FeS এর সাথে অতিরিক্ত লঘু H_2SO_4 এর সম্পূর্ণ বিক্রিয়ায় উৎপন্ন H_2S গ্যাসকে বায়ুতে দহন করে যে পরিমাণ SO_2 গ্যাস উৎপন্ন হয় তার আয়তন 37 °C তাপমাত্রা ও 102.55 kPa চাপে কত? এ প্রক্রিয়ায় উৎপন্ন H_2S গ্যাসের ভর কত? (Fe = 55.85) **উত্তর :** SO_2 এর আয়তন 2.9323 dm^3, H_2S এর ভর 3.96699 g।

৮. একজন মহাকাশচারীর দৈহিক শক্তি অর্জনের জন্য প্রতি ঘণ্টায় 50 g গ্লুকোজের প্রয়োজন হলে, মহাকাশে দুদিন থাকার জন্য ঐ মহাকাশচারীকে কত ভরের অক্সিজেন নিয়ে যেতে হবে। এ প্রক্রিয়ায় প্রমাণ অবস্থায় কত m^3 CO_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়? **উত্তর :** 2.56 kg অক্সিজেন, CO_2 এর আয়তন 1.792 m^3।

৯. বিশুদ্ধ Na_2CO_3 ও $NaHCO_3$ নমুনাকে মিশ্রিত করে 20 g মিশ্রণ তৈরি করা হলো। মিশ্রণে 45% $NaHCO_3$ বর্তমান। এ মিশ্রণকে অতিরিক্ত HCl দ্রবণে দ্রবীভূত করে 25 °C তাপমাত্রা ও 760 mm (Hg) চাপে কত আয়তন CO_2 গ্যাস পাওয়া যাবে?
উত্তর : 5.157177 dm^3।

১০. বিশুদ্ধ Na_2CO_3 ও $NaHCO_3$ নমুনাকে মিশ্রিত করে 25 g মিশ্রণ তৈরি করা হলো। এ মিশ্রণকে অতিরিক্ত HCl দ্রবণে দ্রবীভূত করে 25 °C তাপমাত্রা ও 95.95 kPa চাপে 6.8182 dm^3 CO_2 পাওয়া গেল। মিশ্রণটিতে $NaHCO_3$ এর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। **উত্তর :** 45.6652%।

১১. $KClO_3$ এর একটি নমুনাকে 750 °C তাপে সম্পূর্ণ বিয়োজিত করে 37 °C তাপমাত্রা ও 102.95 kPa চাপে 850 cm^3 O_2 গ্যাসকে পানির উপরে সংগ্রহ করা হলো। নমুনা $KClO_3$ এর ভর নির্ণয় কর। 37 °C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ 3.85 kPa.
উত্তর : 2.669 g।

১২. Mg ও HCl এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন H_2 গ্যাসকে পানির উপরিতলে সংগ্রহ করা হলো। যদি 27 °C তাপমাত্রায় 1.1119 g Mg সম্পূর্ণভাবে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে, তবে উৎপন্ন H_2 এর আয়তন ও ভর নির্ণয় কর। (Mg = 24.24, বায়ুমণ্ডলের চাপ 750 mm, 27 °C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ 25 mm) **উত্তর :** 1.18363 dm^3, 9.174×10^{-2} g।

১৩. $KClO_3$ এর একটি নমুনাকে 450 °C তাপমাত্রায় বিয়োজিত করলে নিম্নের সমীকরণ দুটি অনুযায়ী এর দুভাবে বিয়োজন ঘটে।
(i) $2KClO_3 \rightarrow 2KCl + 3O_2$; (ii) $4KClO_3 \rightarrow 3KClO_4 + KCl$।
$KClO_3$ এর একটি নমুনার 5 g পরিমাণকে উত্তপ্ত করলে প্রমাণ অবস্থায় 734 cm^3 O_2 পাওয়া গেল। বিয়োজন শেষে প্রাপ্ত অবশেষে কত গ্রাম $KClO_4$ বর্তমান এবং অবশেষে $KClO_4$ এর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। (K = 39, Cl = 35.5, O = 16)
উত্তর : 1.968584 g, 49.8195%।

১৪. ক্যালসিয়াম কার্বাইড (CaC_2) ও পানির বিক্রিয়ায় ইথাইন ($CH \equiv CH$) গ্যাস উৎপন্ন হয়। 150 g ক্যালসিয়াম কার্বাইডের সাথে পানির বিক্রিয়ায় উৎপন্ন ইথাইন গ্যাসের প্রমাণ অবস্থায় আয়তন কত? **উত্তর :** 52.5 dm^3।

১৫. ইথাইন ও অক্সিজেনের দহনের ফলে CO_2 ও পানির বাষ্প উৎপন্ন হয়। 5 g ইথাইন ও 5 g অক্সিজেনের মিশ্রণের দহনের ফলে উৎপন্ন সর্বোচ্চ পরিমাণ CO_2 এর ভর ও 25 °C তাপমাত্রা ও 1.12 atm চাপে এর আয়তন কত? **উত্তর :** 5.5 g, 2.73055 dm^3।

৩.৪ ব্যবহারিক : শিক্ষার্থীর কাজ : বিক্রিয়ায় উৎপাদ গ্যাসের আয়তন নির্ণয়

মূলনীতি : রাসায়নিক বিক্রিয়ার সময় দেখা যায় কোনো কোনো ক্ষেত্রে উৎপাদসমূহের মধ্যে কোনো একটি উপাদান গ্যাসীয় হয়। কী পরিমাণ বিক্রিয়ক বিক্রিয়া করে কত আয়তনের উৎপাদ উৎপন্ন করবে তা তোমরা সমীকরণভিত্তিক রাসায়নিক গণনা হতে এরই মধ্যে জেনেছ। এখন ব্যবহারিক ক্লাসে তোমরা নিজেরা এ কাজটি সম্পন্ন করবে। চুনাপাথর হাইড্রোক্লোরিক এসিডের সাথে বিক্রিয়া করে CO_2 গ্যাস উৎপন্ন করে। তোমরা উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন নির্ণয় করবে।

বিক্রিয়া : $CaCO_3(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow CaCl_2(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$.

কার্যপ্রণালি :

১. একটি গোলতলী ফ্লাস্কের মধ্যে 10 g চুনাপাথর নমুনাকে যোগ কর।

২. ফ্লাস্কের মুখে দুই ছিদ্র যুক্ত কর্ক সংযুক্ত কর। কর্কের এক ছিদ্রের মধ্যে থিসল ফানেল এবং অপর ছিদ্রের মধ্যে নির্গম নল যুক্ত কর।

৩. ফ্লাস্ককে ক্ল্যাম্পের সাহায্যে স্ট্যান্ডের সাথে যথা নিয়মে যুক্ত কর।

৪. নির্গম নলের বাইরের প্রান্ত একটি পানিপূর্ণ ট্যাঙ্কে ডুবিয়ে তার ওপর একটি পানি পূর্ণ দাগকাটা গ্যাসজার উপুড় করে রাখ। লক্ষ্য রাখবে উৎপন্ন গ্যাস যেন নির্গম নল দিয়ে বেরিয়ে এসে গ্যাসজারের মধ্যে তা প্রবেশ করে। মোম দ্বারা কর্ক ও ফ্লাস্কের সংযোগ বন্ধ করে দাও।

৫. থিসল ফানেলের সাহায্যে প্রথমে 10 – 20 mL পানি যোগ করে পরে 2 M ঘনমাত্রার 110– 115 mL HCl দ্রবণকে সতর্কতার সাথে ধীরে ধীরে যোগ কর।

৬. এসিড যোগ করার সাথে সাথেই CO_2 গ্যাস উৎপন্ন হতে থাকবে। উৎপন্ন CO_2 গ্যাসকে গ্যাসজারে সংগৃহীত কর। সংগৃহীত গ্যাসের আয়তন 30 সেকেন্ড পরপর রেকর্ড কর।

৭. সংগৃহীত গ্যাসের আয়তন স্থির না হওয়া পর্যন্ত রেকর্ড করা অব্যাহত রাখ।

পাঠসংখ্যা	সময় s	সংগৃহীত CO_2 এর আয়তন V cm^3	$(V_{শেষ} - V)$
1	30		
2	60		
3	90		
4	120		
শেষ পাঠ	শেষ সময়	শেষ আয়তন = $V_{শেষ}$	

সাবধানতা : ল্যাবরেটরির সাধারণ সতর্কতা অবলম্বন করবে।

মনে রাখবে : ১. দ্রবণের মোলারিটি $= \frac{\text{প্রতি লিটার দ্রবণে গ্রামে প্রকাশিত দ্রবের ভর}}{\text{ঐ দ্রবের গ্রাম-আণবিক ভর}}$

২. দ্রবণে উপাদানের মোলসংখ্যা $= \frac{\text{দ্রবণের আয়তন} \times \text{মোলার ঘনমাত্রা}}{1000}$

৩. যে কোনো এসিড বা ক্ষার দ্রবণের আয়তনকে উহার মাত্রা দ্বারা গুণ করলে গুণফল আয়তন নির্দেশ করে এবং ঐ আয়তনের মাত্রা 1M।

৩.৫ ব্যবহারিক : মোলার ঘনমাত্রার দ্রবণ প্রস্তুতি

(Preparation the Solution of Molar Concentration)

মোলার দ্রবণ : নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় দ্রবণের প্রতি লিটার আয়তনের মধ্যে কোন পদার্থের এক মোল বা গ্রাম আণবিক ভর পরিমাণ দ্রব দ্রবীভূত থাকলে ঐ দ্রবণকে ঐ দ্রবের মোলার দ্রবণ বলা হয়ে থাকে। মোলার দ্রবণের ঘনমাত্রাকে M দ্বারা প্রকাশ করা হয় এবং এর একক $mol\ L^{-1}$। যেমন, H_2SO_4 এর গ্রাম আণবিক এর 98 g H_2SO_4 = 1 mol H_2SO_4.

∴ 98 g H_2SO_4 1000 mL বা 1 L দ্রবণে দ্রবীভূত থাকলে ঐ এসিড দ্রবণের ঘনমাত্রা 1 M.

তাহলে 9.8 g H_2SO_4 1000 mL দ্রবণে দ্রবীভূত থাকলে ঐ এসিড দ্রবণের ঘনমাত্রা হবে 0.1 M.

HCl এর গ্রাম আণবিক ভর 36.5 g HCl = 1 mol HCl

∴ 36.5 g HCl 1000 mL বা 1 L দ্রবণের মধ্যে দ্রবীভূত থাকলে ঐ দ্রবণের ঘনমাত্রা 1 M.

তাহলে 3.65 g HCl 1000 mL বা 1 L দ্রবণে দ্রবীভূত থাকলে ঐ দ্রবণের ঘনমাত্রা হবে 0.1 M.

Na_2CO_3 এর গ্রাম আণবিক ভর 106 g Na_2CO_3 = 1 mol Na_2CO_3

∴ 106 g Na_2CO_3 1000 mL বা 1 L দ্রবণে দ্রবীভূত থাকলে ঐ ক্ষার দ্রবণের ঘনমাত্রা 1 M.

10.6 g Na_2CO_3 1000 mL বা 1 L দ্রবণে দ্রবীভূত থাকায় ঐ ক্ষার দ্রবণের ঘনমাত্রা 0.1M.

মোলার দ্রবণ প্রস্তুত করার সময় একটি বিষয় বিশেষভাবে মনে রাখা প্রয়োজন যে, কোনো দ্রবণের মোলারিটি হিসাব করার সময় দ্রাবকের পরিমাণ গণনার হিসাবে ধরা হয় না, শুধুমাত্র দ্রবণের মোট আয়তন এবং দ্রবের পরিমাণই এক্ষেত্রে মূল বিষয়।

পদ্ধতি :

১. প্রথমে তোমাকে সিদ্ধান্ত নিতে হবে তুমি কোন দ্রবের, কত আয়তনের ও কত ঘনমাত্রার মোলার দ্রবণ প্রস্তুত করবে?

২. সিদ্ধান্ত অনুযায়ী দ্রবের ভর হিসাব করে নিতে হবে এবং চার ডিজিটের ডিজিটাল ব্যালেন্স অথবা পল-বুঙ্গি ব্যালেন্সের সাহায্যে সঠিক ওজন পরিমাপ করে নিতে হবে।

৩. এবার নির্দিষ্ট আয়তনের আয়তনমিতিক ফ্লাস্ক যেমন 1 L, 500 mL, 250 mL বা 100 mL আয়তনের ফ্লাস্ক নিয়ে তাতে দ্রাবক হিসেবে সামান্য পানি নিয়ে প্রয়োজনীয় দ্রব যোগ করতে হবে।

৪. ফ্লাস্কের মুখে কর্ক এঁটে ভালোমতো ফ্লাস্ককে ঝাঁকাতে হবে যেন দ্রব দ্রবীভূত হয়ে যায়।

৫. এ অবস্থায় দ্রবণের মধ্যে খুব সাবধানে ধীরে ধীরে প্রয়োজনীয় পানি যোগ করে দ্রবণের আয়তন আয়তনমিতিক ফ্লাস্কের আয়তন নির্দেশক দাগ পর্যন্ত নিতে হবে। এক্ষেত্রে শেষ দিকে ফ্লাস্কের মধ্যে প্রয়োজনে পানি ফোঁটায় ফোঁটায় যোগ করতে হবে।



চিত্র ৩.২ : মোলার দ্রবণ প্রস্তুতি

৬. পুনরায় ফ্লাস্কের মুখে কর্ক এঁটে দ্রবণকে ভালোমতো ঝাঁকাতে হবে যেন দ্রবণটি সমসত্ত্ব হয়।

৭. এবার ফ্লাস্কের গায়ে লেবেল এঁটে যথারীতি সংরক্ষণ নিয়ম অনুসরণ করে ল্যাবরেটরিতে সংরক্ষণ করতে হবে।

নিজে কর – ৩.৩ :
250 mL 0.1 M Na_2CO_3 দ্রবণ প্রস্তুত কর।

কোনো এসিড বা ক্ষার দ্রবণের প্রতি লিটারে যদি 1 g mol, 0.5 g-mol, 0.1 g mol অথবা 0.01 g mol দ্রব দ্রবীভূত থাকে, তবে দ্রবণটিকে যথাক্রমে 1M, 0.5M, 0.1M অথবা 0.01M দ্রবণ বলা হয়। অর্থাৎ দ্রবণের প্রতি লিটারে এক গ্রাম-অণু বা এক মোল বা এর ভগ্নাংশ অথবা পূর্ণ গুণিতক পরিমাণ দ্রব দ্রবীভূত থাকলে ঐ দ্রবণের মাত্রা মোলারিটি এককে নিম্নরূপে প্রকাশ করা হয়–

দ্রবণের নাম	প্রতি লিটার দ্রবণে দ্রবীভূত দ্রব	দ্রবণের মোলারিটি	দ্রবণের মাত্রা (M)
x মোলার	x g mol	x	x
মোলার	1 g mol	1	1
সেমি মোলার	0.5 g mol	0.5	0.5
ডেসি মোলার	0.1 g-mol	0.1	0.1
সেন্টি মোলার	0.01 g mol	0.01	0.01
মিলি মোলার	0.001 g mol	0.001	0.001

মনে রাখবে : রসায়ন গবেষণাগারে বিভিন্ন কাজে যেমন পরিমাণগত বিশ্লেষণ, নির্দিষ্ট মাত্রার দ্রবণ প্রস্তুতি, অজানা মাত্রার দ্রবণের মাত্রা নির্ণয় প্রভৃতি ক্ষেত্রে মোলারিটি একক ব্যবহার করা হয়। দ্রবণে বর্তমান দ্রবটি কীরূপ বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে, তার উপর দ্রবণের মোলারিটি নির্ভর করে না। তবে দ্রবণের মোলারিটি তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল, কারণ দ্রবের ভর তাপমাত্রা নিরপেক্ষ হলেও দ্রবণের আয়তন তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল। তাই গবেষণাগারে সঠিক গণনার ক্ষেত্রে মোলারিটি একক ব্যবহার করলে তাপমাত্রার উল্লেখ করা অবশ্যই প্রয়োজন।

মনে রাখবে : মোলাল দ্রবণ : 1000 g দ্রাবকের মধ্যে 1 mol পরিমাণ দ্রব দ্রবীভূত থাকলে ঐ দ্রবণের মাত্রা 1 মোলাল। এর প্রকৃত একক $mol.kg^{-1}$।

$$\text{দ্রবণের মোলারিটি} = \frac{\text{গ্রামে প্রকাশিত দ্রবের ভর}}{\text{দ্রবের গ্রাম আণবিক ভর}} \times \frac{1000\ mL}{\text{দ্রবণের আয়তন } mL}$$

$$\text{দ্রবণের মোলালিটি} = \frac{\text{গ্রামে প্রকাশিত দ্রবের ভর}}{\text{দ্রবের গ্রাম আণবিক ভর}} \times \frac{1000\ g}{\text{দ্রাবকের ভর } g}$$

মোলার ও মোলাল দ্রবণ যেমন এক নয় একইভাবে মোলারিটি ও মোলালিটি শব্দ দুটিও এক নয়। 1000 g দ্রাবকের মধ্যে কোনো দ্রবের যত গ্রাম অণু বা মোল দ্রবীভূত থেকে দ্রবণ উৎপন্ন করে, সেই গ্রাম-অণুসংখ্যা বা মোল সংখ্যাকে ঐ দ্রবণে ঐ দ্রবের মোলালিটি বলে। এখানে 'মোলালিটি' শব্দটি, দ্রাবকের ভর এবং দ্রবের গ্রাম অণুসংখ্যা বা মোল সংখ্যার সাথে সম্পর্কযুক্ত মান। তাপমাত্রার পরিবর্তনজনিত কারণে দ্রাবকের ভর এবং দ্রবের মোল সংখ্যা বা গ্রাম-অণু সংখ্যার কোনো পরিবর্তন ঘটে না বিধায় দ্রবণের মোলালিটি তাপমাত্রার উপর কোনোভাবেই নির্ভরশীল নয়।

এবার 1000 mL দ্রবণে কোনো দ্রবের যত মোল বা যত গ্রাম অণু দ্রবীভূত থাকে, সে সংখ্যাই ঐ দ্রবণে ঐ দ্রবের মোলারিটি বলে। এখানে 'মোলারিটি' শব্দটি দ্রবণের আয়তন এবং দ্রবের মোল সংখ্যা বা গ্রাম-অণুসংখ্যার সাথে সম্পর্কিত। তাপমাত্রার পরিবর্তনজনিত কারণে দ্রবণের আয়তনের পরিবর্তন ঘটলেও দ্রবীভূত দ্রবের মোল সংখ্যা বা গ্রাম অণুসংখ্যার কোনোই পরিবর্তন ঘটে না। ফলে দ্রবণের মোলারিটি অবশ্যই তাপমাত্রা নির্ভর।

৩.৬ মোলারিটিকে শতকরা ও পিপিএম (ppm) এককে রূপান্তর

(Conversion of Molarity into Percentage Unit and ppm Unit)

৩.৬.১ মোলারিটিকে শতকরা এককে রূপান্তর (Conversion of Molarity into Percentage Unit)

দ্রবণের ঘনমাত্রা প্রকাশের ক্ষেত্রে বিভিন্ন পদ্ধতির প্রচলন আছে। যেমন– মোলারিটি, মোলালিটি, নরমালিটি, মোল ভগ্নাংশ, শতকরা পরিমাণ (W/V), শতকরা পরিমাণ (W/W), শতকরা পরিমাণ (V/V) প্রভৃতি প্রচলিত ও ব্যবহারিক পদ্ধতি। আধুনিককালে আয়তনিক বিশ্লেষণে মোলারিটিকেই বেশি গুরুত্ব দেওয়া হয়ে থাকে। এ কারণে ল্যাবরেটরিতে মোলার দ্রবণ এর ব্যবহারই বেশি।

নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় দ্রবণের প্রতি লিটার আয়তনে এক মোল দ্রব দ্রবীভূত থাকলে দ্রবণকে ঐ দ্রবের মোলার দ্রবণ বলা হয়ে থাকে। মোলার দ্রবণের ঘনমাত্রাকে M প্রতীক দ্বারা প্রকাশ করা হয় এবং এর একক হলো $mol\ L^{-1}$.

Na_2CO_3 এর আণবিক ভর 106. তাই এক মোল Na_2CO_3 = 106 g Na_2CO_3। এখন যদি তোমরা কক্ষের তাপমাত্রা দেখে প্রতি লিটারে 106 g Na_2CO_3 দ্রবীভূত করে দ্রবণ প্রস্তুত কর তবে এ দ্রবণটি নিশ্চয়ই Na_2CO_3 এর মোলার দ্রবণ হবে। এ দ্রবণকে যে পাত্রে সংরক্ষণ করবে ঐ পাত্রের গায়ে "1M Na_2CO_3" লিখে রাখবে।

মোলারিটিকে সংজ্ঞার তাৎপর্য অনুসারে গাণিতিকভাবে প্রকাশ করলে,

$$\text{মোলারিটি (C)} = \frac{\text{দ্রবের মোল সংখ্যা (n)}}{\text{লিটার এককে দ্রবণের আয়তন (V)}} = \frac{\text{দ্রবের মোট পরিমাণ (w)} \div \text{দ্রবের আণবিক ভর (M)}}{\text{মিলিলিটার এককে দ্রবণের আয়তন (V)} \div 1000} = \frac{1000 \times W}{MV}$$

শুরুতেই তোমরা জেনেছ দ্রবণের ঘনমাত্রাকে শতকরা পরিমাণেও প্রকাশ করা যায়। তাহলে তোমরা যদি এ মোলার দ্রবণকে শতকরা পরিমাণে প্রকাশ করতে চাও তবে তোমাদেরকে প্রথমে শতকরা পরিমাণ বিষয়টি কী সে সম্পর্কে কিছু ধারণা লাভ করা প্রয়োজন।

শতকরা হারে দ্রবণের উপাদানগুলোকে বিশেষ করে দ্রবকে দ্রবণের মোট ভর বা আয়তনের শতকরা অংশ হিসেবে প্রকাশ করা হয়। ভরকে 'W' দ্বারা এবং আয়তনকে 'V' দ্বারা প্রকাশ করে মোট তিন ধরনের শতকরা পরিমাণ প্রকাশ করা যায়। যেমন,

১. দ্রবের ভরকে দ্রবণের মোট ভরের শতকরারূপে (W/W)%

২. দ্রবের ভরকে দ্রবণের মোট আয়তনের শতকরারূপে (W/V)%

৩. দ্রবের আয়তনকে দ্রবণের মোট আয়তনের শতকরারূপে (V/V)%

এখন মনে কর 100 g দ্রবণে 5 g Na_2CO_3 দ্রবীভূত আছে। তখন আমরা একে 5% (W/W) Na_2CO_3 এর দ্রবণ বলব। বিষয়টি হলো 95 g পানি নিয়ে তোমরা তাতে 5 g Na_2CO_3 দ্রবীভূত করে দ্রবণ প্রস্তুত করেছ। দ্রবণকে সংরক্ষণ করে পাত্রের গায়ে 5% (W/W) Na_2CO_3 দ্রবণ লিখে রাখ।

শতকরা এককের (W/V) মাধ্যমে প্রকাশ করলে 100 mL দ্রবণে 5 g Na_2CO_3 দ্রবীভূত থাকতে হবে। তখন তোমরা এ দ্রবণকে 5% (W/V) Na_2CO_3 দ্রবণ বলতে পারবে।

শতকরা এককের (V/V) মাধ্যমে প্রকাশ করলে প্রতি 100 mL দ্রবণে 5 mL দ্রব দ্রবীভূত থাকতে হবে। যেমন, তোমরা 5% (W/V) ইথানল বা অ্যালকোহলের দ্রবণ প্রস্তুত করতে চাও; তখন তোমাদেরকে প্রতি 95 mL পানিতে 5 mL বিশুদ্ধ অ্যালকোহল যোগ করে 5% (V/V) ইথানলের দ্রবণ প্রস্তুত করতে পারবে।

ppm ঘনমাত্রাকে অন্যভাবেও প্রকাশ করা হয়ে থাকে। প্রকৃতপক্ষে দ্রবণের ppm ঘনমাত্রা হলো– কোনো দ্রবণের প্রতি দশ লক্ষ ভাগে (আয়তন বা ওজন) কোনো দ্রবের যত ভর দ্রবীভূত থাকে, সেই ভর নির্দেশক সংখ্যাটিকেই ঐ দ্রবের ppm ঘনমাত্রা বলা হয়ে থাকে।

যদি কোনো দ্রবণের পরিমাণ W_1 g এবং দ্রবণে দ্রবীভূত দ্রবের পরিমাণ W_2 mg হয় তবে,

ঐ দ্রবণে দ্রবের ppm ঘনমাত্রা $= \frac{W_2}{W_1} \times 10^6$ এবং ppb ঘনমাত্রা $= \frac{W_2}{W_1} \times 10^9$

যদি কোনো দ্রবণের আয়তন V mL হয় এবং ঐ দ্রবণে দ্রবীভূত দ্রবের পরিমাণ W_2 mg হয় তবে,

ঐ দ্রবণে দ্রবের ppm ঘনমাত্রা $= \frac{W_2}{V} \times 10^6$ এবং ppb ঘনমাত্রা $= \frac{W_2}{V} \times 10^9$

দ্রবণে দ্রবীভূত দ্রবের পরিমাণ যদি অতি অল্প হয় তবে সে ক্ষেত্রেই কেবল ppm একক ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

উদাহরণ ১ : 5% (W/V) Na_2CO_3 দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা নির্ণয় কর।

সমাধান : 5% (W/V) Na_2CO_3 দ্রবণ বলতে বোঝায় প্রতি 100 mL দ্রবণের মধ্যে দ্রবীভূত Na_2CO_3 5 g.

∴ 1000 mL দ্রবণের মধ্যে দ্রবীভূত Na_2CO_3 50 g.

∴ 1000 mL দ্রবণে মোল এককে Na_2CO_3 আছে $= \frac{50}{106} = 0.4717$ mol Na_2CO_3

∴ দ্রবণের ঘনমাত্রা হলো 0.4717 M অথবা 0.4717 $mol.L^{-1}$.

উদাহরণ ২ : ল্যাবরেটরিতে একটি HCl নমুনাতে 15% (W/W) HCl আছে এবং দ্রবণের আঃ গুঃ 1.15. বিশুদ্ধ চুনাপাথর নমুনা থেকে 37 °C তাপমাত্রায় ও 98.95 kPa চাপে 1.75 dm^3 CO_2 উৎপন্ন করতে ঐ এসিডের কত আয়তনের প্রয়োজন?

সমাধান : $CaCO_3$ এর সাথে HCl এর বিক্রিয়ার সমীকরণটি হলো–

$$\underset{100g}{CaCO_3} + \underset{73g}{2HCl} \rightarrow CaCl_2 + H_2O + \underset{22.4\ dm^3}{CO_2}$$

37°C তাপমাত্রায় ও 98.95 kPa চাপে 1.75 dm^3 CO_2 এর আয়তন STP তে Vdm^3 হলে–

$$V = \frac{P_1V_1T}{PT_1} = \frac{98.95 \times 1.75 \times 273}{101.325 \times 310} = 1.50500585\ dm^3$$

STP তে 22.4 dm^3 CO_2 উৎপন্ন করতে প্রয়োজনীয় HCl 73 g

" 1.50500585 dm^3 " " " $\frac{73 \times 1.50500585}{22.4} = 4.9047065$ g HCl

দ্রবণে 15% (W/W) HCl বর্তমান অর্থাৎ 15 g HCl থাকে 100 g HCl দ্রবণে

HCl দ্রবণের ঘনত্ব 1.15 g mL^{-1}

$\therefore$ 4.9047065 g HCl থাকে $= \frac{100 \times 4.9047065}{15} = 32.698043\ g = \frac{32.698043}{1.15}\ mL = 28.433\ mL$

37 °C তাপমাত্রায় ও 98.95 kPa চাপে 1.75 dm^3 CO_2 উৎপন্ন করতে ঐ এসিডের 28.433 mL HCl এর প্রয়োজন।

1 L বা 1000 mL দ্রবণের মধ্যে দ্রবের এক মোল বা গ্রাম আণবিক ভর পরিমাণ দ্রবীভূত থাকলে ঐ দ্রবণের মাত্রা 1 molar বা, 1 M।

অর্থাৎ x M ঘনমাত্রায় = x mol L^{-1} = (x × দ্রবের আণবিক ভর) g L^{-1}

$\therefore$ x M ঘনমাত্রায় প্রতি লিটার দ্রবণে x × ঐ দ্রবের আণবিক ভর পরিমাণ দ্রব দ্রবীভূত থাকে।

$\therefore$ 0.05 M Na_2CO_3 দ্রবণের প্রতি লিটারে দ্রবীভূত $Na_2CO_3 = 0.05 \times 106\ g = 5.3\ g$

অর্থাৎ, 0.05 M Na_2CO_3 = 5.3 g L^{-1} Na_2CO_3 দ্রবণ।

$\therefore$ 0.05 M ঘনমাত্রায় Na_2CO_3 দ্রবণের প্রতি 100 mL দ্রবণে দ্রবীভূত $Na_2CO_3 = 0.53$ g.

$\therefore$ 0.05 M ঘনমাত্রায় Na_2CO_3 দ্রবণে Na_2CO_3 এর পরিমাণ 0.53% (W/V).

একইভাবে 0.02 M HCl দ্রবণের প্রতি লিটারে দ্রবীভূত HCl = 0.02 × 36.5 g = 0.73 g.

$\therefore$ 0.02 M HCl = 0.73 g L^{-1} HCl দ্রবণ।

$\therefore$ 0.02 M HCl দ্রবণে HCl এর পরিমাণ = 0.073% (W/V)

উদাহরণ ৩ : 0.1 M Na_2CO_3 দ্রবণকে শতকরায় প্রকাশ কর।

সমাধান : 0.1 M ঘনমাত্রার Na_2CO_3 দ্রবণ = 0.1 mol L^{-1} $Na_2CO_3 = 0.1 \times 106$ g $L^{-1} = 10.6$ g L^{-1} Na_2CO_3 দ্রবণ।

$\therefore$ 1L বা 1000 mL দ্রবণে দ্রবীভূত Na_2CO_3 10.6 g

$\therefore$ 100 mL দ্রবণে দ্রবীভূত $Na_2CO_3 = 1.06$ g

$\therefore$ 0.1 M Na_2CO_3 দ্রবণে Na_2CO_3 এর পরিমাণ 1.06% (W/V).

নিজে কর – ৩.৪ :

১. (ক) 5% (W/V) H_2SO_4, (খ) 5% (W/V) HCl ও (গ) 5% (W/V) NaOH দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা নির্ণয় করে শ্রেণি শিক্ষককে দেখাও। **উত্তর :** (ক) 0.5102 M, (খ) 1.36986 M, (গ) 1.25 M।

২. ল্যাবরেটরিতে একটি রিয়েজেন্ট বোতলের গায়ে 22% (W/W) HCl এবং দ্রবণের আঃ গুঃ 1.165 লেখা আছে। বিশুদ্ধ চুনাপাথর নমুনা থেকে 27 °C তাপমাত্রা ও 1 atm চাপে 1 dm^3 CO_2 গ্যাস উৎপন্ন করতে কত আয়তনের ঐ এসিড দ্রবণটিকে নিতে হবে? **উত্তর :** 11.5709 mL.

৩. ল্যাবরেটরিতে একটি নমুনা HCl দ্রবণে 20% (W/W) ও 1.155 আঃ গুঃ লেবেল লেখা আছে। এ দ্রবণের 50 mL এর সাথে অতিরিক্ত চুনাপাথরের বিক্রিয়ায় 37 °C তাপমাত্রা ও 99.99 kPa চাপে কত আয়তন CO_2 গ্যাস পাওয়া যাবে? **উত্তর :** 4.07817 dm^3.

৪. HCl এর একটি নমুনা দ্রবণে 25% (W/V) HCl এবং দ্রবণের আঃ গুঃ 1.15 লেখা আছে। এ দ্রবণের 55 g এর সাথে অতিরিক্ত চুনাপাথরের বিক্রিয়ায় প্রমাণ অবস্থায় কত আয়তন CO_2 গ্যাস পাওয়া যাবে? **উত্তর :** 3.66885 dm^3.

৫. MnO_2 ও HCl এর বিক্রিয়ায় Cl_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়। $MnO_2(s) + 4HCl(aq) \rightarrow MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2(g)$। প্রমাণ অবস্থায় 8.9 dm^3 Cl_2 উৎপন্ন করতে 1.125 আঃ গুঃ 35% (W/W) HCl নমুনায় কত আয়তনের প্রয়োজন?
উত্তর : 147.30 mL. HCl দ্রবণ।

৩.৬.২ মোলারিটিকে পিপিএম (ppm) এককে রূপান্তর (Conversion of Molarity into ppm Unit)

আধুনিককালে ল্যাবরেটরিতে এসিড, ক্ষার বা লবণ দ্রবণের মাত্রা মোলারিটির পরিবর্তে পিপিএম (ppm) এককে প্রকাশ করা হয়। যে রিয়েজেন্টকে ল্যাবরেটরিতে ব্যবহার করা হয় তার একটি বড় অংশ প্রকৃতিতে এসে মিশে যায়। এমনকি উৎপাদও এসে প্রকৃতিতেই পড়ে। তাই দ্রবণের ঘনমাত্রা স্বল্প হওয়াই বাঞ্ছনীয়।

1000 mL বা 1L দ্রবণের মধ্যে এক মোল বা গ্রাম আণবিক ভর পরিমাণ দ্রব দ্রবীভূত থাকলে ঐ দ্রবণের মাত্রা 1 M। যেমন– 106 g Na_2CO_3 1000 mL দ্রবণে দ্রবীভূত থাকলে ঐ ক্ষার দ্রবণের মাত্রা 1M। একইভাবে 36.5 g HCl 1000 mL দ্রবণে দ্রবীভূত থাকলে ঐ এসিড দ্রবণের মাত্রা 1 M।

অপরপক্ষে প্রতি লিটার দ্রবণে ঐ দ্রবের কত মিলি গ্রাম দ্রব দ্রবীভূত অবস্থায় আছে দ্রবের ঐ পরিমাণই ঐ দ্রবণের ppm ঘনমাত্রা। এ কারণে ppm ঘনমাত্রাকে এভাবে প্রকাশ করা যায়–

কোনো দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা = mol L^{-1} ঘনমাত্রা। মোল সংখ্যাকে অর্থাৎ mol L^{-1} কে আণবিক ভর দ্বারা গুণ করলে গুণফল g L^{-1} নির্দেশ করে। gL^{-1} এর এ মানকে 10^3 দ্বারা গুণ করলে mg L^{-1} এ মান পাওয়া যায়। mg L^{-1} এ প্রকাশিত দ্রবণের ঘনমাত্রার সংখ্যা মানই ppm ঘনমাত্রা। যেমন

(i) 1.01×10^{-4} M Na_2CO_3 দ্রবণের ppm ঘনমাত্রা নির্ণয়ের ক্ষেত্রে : 1.01×10^{-4} M Na_2CO_3 দ্রবণ = 1.01×10^{-4} mol L^{-1}; Na_2CO_3 দ্রবণ = $1.01 \times 10^{-4} \times 106$ g L^{-1} Na_2CO_3 দ্রবণ = 1.0706×10^{-2} g L^{-1} Na_2CO_3 দ্রবণ = $1.0706 \times 10^{-2} \times 10^3$ mg L^{-1} $NaCO_3$ দ্রবণ = 10.706 ppm ঘনমাত্রার Na_2CO_3 দ্রবণ।

(ii) 1.01×10^{-4} M H_2SO_4 দ্রবণের ppm ঘনমাত্রা নির্ণয়ের ক্ষেত্রে : 1.01×10^{-4} M H_2SO_4 দ্রবণ = 1.01×10^{-4} mol L^{-1} H_2SO_4 দ্রবণ = $1.01 \times 10^{-4} \times 98$ g L^{-1} H_2SO_4 দ্রবণ = 9.898×10^{-3} g L^{-1} H_2SO_4 দ্রবণ = $9.898 \times 10^{-3} \times 10^3$ mg L^{-1} H_2SO_4 দ্রবণ = 9.898 mg L^{-1} H_2SO_4 দ্রবণ = 9.898 ppm H_2SO_4 দ্রবণ।

অন্যভাবেও একে প্রকাশ করা যায়। প্রতি মিলিলিটার দ্রবণে ঐ দ্রবের কত মাইক্রোগ্রাম (μ g) দ্রব দ্রবীভূত উহার সংখ্যামানই ঐ দ্রবণের ppm মাত্রা। অথবা প্রতি মিলিয়ন অংশ দ্রবণে ঐ দ্রবের কত অংশ দ্রবীভূত আছে উহার সংখ্যা মানই ঐ দ্রবণের ppm মাত্রা। যেমন একটি দ্রবণের ঘনমাত্রা 5 ppm হলে আমরা বুঝবো ঐ দ্রবণের প্রতি লিটারে দ্রবীভূত দ্রবের পরিমাণ 5 mg। অথবা ভিন্নভাবে বললে ঐ দ্রবণের প্রতি মিলিলিটারে দ্রবীভূত দ্রবের পরিমাণ 5 μ g। অথবা 10,000 g বা 10^6 g দ্রবণে দ্রবীভূত দ্রবের পরিমাণ 5 g।

ব্যাখ্যা : $1\ ppm = \frac{1 \text{ অংশ দ্রব}}{1 \times 10^6 \text{ অংশ দ্রবণ}} = \frac{1 \text{ g দ্রব}}{1 \times 10^6 \text{ g দ্রবণ}} = \frac{1 \times 10^{-6} \text{ g দ্রব}}{1 \text{ g দ্রবণ}} = \frac{1\ \mu\text{g দ্রব}}{1 \text{ g দ্রবণ}}$

আমরা জানি, $1 \text{ mg} = 1 \times 10^{-3}$ g, $1\mu \text{ g} = 1 \times 10^{-3}$ mg $\quad \therefore 1\ \mu \text{ g} = 1 \times 10^{-6}$ g

দ্রাবক হিসেবে সাধারণভাবে পানিকেই ধরা হয়। পানির ঘনত্ব 1 g mL^{-1}. ধরে নিয়েই আমরা হিসেবের ক্ষেত্রে অগ্রসর হব।

$$\therefore 1ppm = \frac{1\ \mu\text{g দ্রব}}{1 \text{ g দ্রবণ}} = \frac{1\ \mu\text{g দ্রব}}{1 \text{ g/(g mL}^{-1}\text{) দ্রবণ}} \qquad \left(\text{আয়তন} = \frac{\text{ভর}}{\text{ঘনত্ব}}\right)$$

$$= \frac{1\ \mu\text{g দ্রব}}{1 \text{ cm}^3 \text{ দ্রবণ}} = 1\ \mu\text{g mL}^{-1}.$$

$\therefore$ 1 ppm = 1 μg mL^{-1} ..... (i)

অন্যভাবে প্রকাশ করলে, 1 ppm = 10^6 L দ্রবণে দ্রবীভূত দ্রবের পরিমাণ 1 kg = 10^6 L দ্রবণে দ্রবীভূত দ্রবের পরিমাণ 10^6 mg = 1 L দ্রবণে দ্রবীভূত দ্রবের পরিমাণ 1 mg.

$\therefore$ 1 ppm = 1 mg. L^{-1}

পুনরায় আমরা জানি, 1 molar = 1 mol L^{-1} = 1 mol dm^{-3}.

$$\therefore 1\ ppm = \frac{1\ \mu\text{g দ্রব}}{1 \text{ ml দ্রবণ}} = \frac{1\ \mu\text{g দ্রব}}{1 \times 10^{-3} \text{ L দ্রবণ}} = \frac{1 \times 10^3\ \mu\text{g দ্রব}}{1 \text{ L দ্রবণ}}$$

$$= 1 \times 10^3\ \mu\text{g L} = 1 \text{ mg L} = 1 \text{ mg L}^{-1}$$

$\therefore$ 1 ppm = 1 mg dm^{-3} = 1 mg L^{-1}

ppm ঘনমাত্রার ক্ষেত্রে দ্রব ও দ্রবণের একক অভিন্ন হতে হবে। অর্থাৎ দ্রবণের পরিমাণ মিলিগ্রাম হলে দ্রবের পরিমাণও মিলিগ্রামে প্রকাশ করতে হবে। আর যদি দ্রবণের পরিমাণ কিলোগ্রামে প্রকাশ করা হয় তবে দ্রবের পরিমাণও কিলোগ্রামে প্রকাশ করতে হবে। ppm ঘনমাত্রাকে ppb (parts per billion) এককে প্রকাশ করা যায়। ppm ঘনমাত্রাকে 10^3 দ্বারা গুণ করলে ppb এককে পরিবর্তিত হয়। যেমন, 5 ppm Na_2CO_3 দ্রবণ = 5×10^3 ppb Na_2CO_3 দ্রবণ = 5000 ppb Na_2CO_3 দ্রবণ।

আবার ppb ঘনমাত্রাকে 10^3 দ্বারা গুণ করলে ppt (Parts per trillion) এককে ঘনমাত্রা পাওয়া যায়। যেমন, 5000 ppb ঘনমাত্রার Na_2CO_3 দ্রবণ = 5000×10^3 ppt ঘনমাত্রা Na_2CO_3 দ্রবণ = 5000000 ppt ঘনমাত্রার Na_2CO_3 দ্রবণ।

মনে রাখবে : কোনো দ্রবণের মাত্রা সঠিকভাবে জানা থাকলে তাকে প্রমাণ দ্রবণ বলে। প্রমাণ দ্রবণের ক্ষেত্রে দ্রবণে, দ্রাবকের আয়তন ও দ্রবীভূত দ্রবের পরিমাণ জানা থাকে।

চিন্তা করে উত্তর দাও – ৩.৫ :

১। মোলার দ্রবণকে প্রমাণ দ্রবণ বলা যাবে কি-না?

২। 500 ppm ঘনমাত্রার Na_2CO_3 দ্রবণকে প্রমাণ দ্রবণ বলা যাবে কী?

৩। 3.5×10^8 ppt ঘনমাত্রার H_2SO_4 দ্রবণ একটি প্রমাণ দ্রবণ কেন?

উদাহরণ ১ : 5×10^{-3} g অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেটকে পানিতে দ্রবীভূত করে 100 mL দ্রবণ প্রস্তুত করা হলো। ক্ষার দ্রবণের মাত্রা ppm এককে নির্ণয় কর।

সমাধান : 100 mL দ্রবণে দ্রবীভূত $Na_2CO_3 = 5 \times 10^{-3}$ g $= 5 \times 10^{-3} \times 10^3$ mg $= 5$ mg.

$\therefore$ 1 L বা, 1000 mL দ্রবণে দ্রবীভূত $Na_2CO_3 = 50$ mg.

$\therefore$ দ্রবণে $Na_2CO_3 = 50$ mg $L^{-1} = 50$ ppm

উদাহরণ ২ : একটি পানির নমুনা 0.01 ppm Pb^{2+} আয়ন ধারণ করে।

(ক) প্রতি লিটারে Pb^{2+} এর পরিমাণ কত? (খ) দ্রবণে Pb^{2+} আয়নের মোলার ঘনমাত্রা কত?

সমাধান : (ক) পানিতে Pb^{2+} আয়নের ঘনমাত্রা 0.01 ppm অর্থাৎ 0.01 mg L^{-1}

Pb^{2+} আয়ন দ্রবণে উপস্থিত।

0.01 mg $L^{-1} = 0.01 \times 10^{-3}$ g $L^{-1} = 1.0 \times 10^{-5}$ g L^{-1}

$\therefore$ Pb^{2+} আয়নের পরিমাণ 1.0×10^{-5} g L^{-1}.

(খ) পানিতে Pb^{2+} এর ঘনমাত্রা 0.01 ppm = 0.01 mg $L^{-1} = 0.01 \times 10^{-3}$ g L^{-1}

Pb এর গ্রাম পারমাণবিক ভর = 207 g mol^{-1}

$\therefore$ দ্রবণের Pb^{2+} আয়নের মোলার ঘনমাত্রা $= \frac{0.01 \times 10^{-3} \text{ g L}^{-1}}{207 \text{ g mol}^{-1}} = 4.8309 \times 10^{-8}$ mol $L^{-1} = 4.8309 \times 10^{-8}$ M

উদাহরণ ৩ : 0.01 M 250 mL NaOH দ্রবণের মাত্রা ppm এককে কত? দ্রবণে NaOH এর শতকরা পরিমাণই বা কত?

সমাধান : 0.01 M NaOH দ্রবণ অর্থাৎ দ্রবণে NaOH এর পরিমাণ 0.01 mol L^{-1}.

$\therefore$ 0.01 M ঘনমাত্রার 1L দ্রবণে NaOH এর পরিমাণ 0.01×40 g $= 0.4$ g

$\therefore$ 1 L দ্রবণে NaOH এর পরিমাণ 0.4 g = 400 mg.

$\therefore$ দ্রবণে NaOH এর মাত্রা = 400 mg L^{-1} = 400 mg L^{-1} = 400 ppm.

পুনরায় 1 L বা 1000 mL দ্রবণে দ্রবীভূত NaOH 0.4 g

$\therefore$ 100 mL দ্রবণে দ্রবীভূত NaOH = 0.04 g

$\therefore$ দ্রবণে NaOH মাত্রা 0.04% (W/V) বা 4.0×10^{-2}% (W/V)

$\therefore$ দ্রবণের মাত্রা 400 ppm এবং শতকরা হারে 4.0×10^{-2}%(W/V) NaOH দ্রবণ।

উদাহরণ ৪ : 0.02 M 100 mL HCl দ্রবণের মাত্রা ppm এককে নির্ণয় কর।

সমাধান : 0.02 M HCl দ্রবণ অর্থাৎ দ্রবণে HCl এর পরিমাণ 0.02 mol L^{-1}

$\therefore$ 0.02 M ঘনমাত্রার 1L দ্রবণে HCl $0.02 \times 36.5 = 0.73$ g $= 730$ mg

$\therefore$ দ্রবণে HCl এর পরিমাণ 730 mg L^{-1} = 730 ppm

উত্তর : HCl দ্রবণের মাত্রা 730 ppm.

উদাহরণ ৫ : 0.1 M ঘনমাত্রার Na_2CO_3 দ্রবণকে (i) শতকরা (w/v), (ii) ppm ঘনমাত্রা, (iii) ppb ঘনমাত্রা ও (iv) ppt ঘনমাত্রার এককে প্রকাশ কর।

সমাধান : (i) শতকরা (w/v) হারে : 0.1 M Na_2CO_3 দ্রবণ = 0.1 mol L^{-1} Na_2CO_3 দ্রবণ = 0.1 × 106 g L^{-1} Na_2CO_3 দ্রবণ = 10.6 g/1000 mL Na_2CO_3 দ্রবণ = 1.06 g/100 mL Na_2CO_3 দ্রবণ = 1.06% (w/v) Na_2CO_3 দ্রবণ।

(ii) ppm ঘনমাত্রা : 0.1 M Na_2CO_3 দ্রবণ = 0.1 mol L^{-1} Na_2CO_3 দ্রবণ = 0.1 × 106 g L^{-1} Na_2CO_3 দ্রবণ = 10.6×10^3 mg L^{-1} Na_2CO_3 দ্রবণ = 10600 mg L^{-1} Na_2CO_3 দ্রবণ = 10600 ppm ঘনমাত্রার Na_2CO_3 দ্রবণ।

(iii) ppb ঘনমাত্রা : 0.1 M Na_2CO_3 দ্রবণ = 10600 ppm ঘনমাত্রার Na_2CO_3 দ্রবণ = 10600×10^3 ppb ঘনমাত্রার Na_2CO_3 দ্রবণ = 10.6×10^6 ppb ঘনমাত্রার Na_2CO_3 দ্রবণ।

(iv) ppt ঘনমাত্রা : 0.1 M Na_2CO_3 দ্রবণ = 10.6×10^6 ppb ঘনমাত্রার Na_2CO_3 দ্রবণ = $10.6 \times 10^6 \times 10^3$ ppt ঘনমাত্রার Na_2CO_3 দ্রবণ = 10.6×10^9 ppt ঘনমাত্রার Na_2CO_3 দ্রবণ।

মনে রাখবে : মোলার ঘনমাত্রাকে ppm এককে বা শতকরা এককে প্রকাশের ক্ষেত্রে আয়তন কোন নিয়ামক নয়। এক্ষেত্রে দ্রবের পরিমাণ বা মোলার ঘনমাত্রাই মূল নিয়ামক।

নিজে কর – ৩.৬ :

১. 1.06×10^{-2} g অনার্দ্র Na_2CO_3 কে পানিতে দ্রবীভূত করে 1 L দ্রবণ প্রস্তুত করা হলে দ্রবণের মাত্রা ppm এককে নির্ণয় কর। **উত্তর :** 10.6 ppm।

২. 1.25×10^{-2} g অনার্দ্র Na_2CO_3 কে পানিতে দ্রবীভূত করে 250 mL দ্রবণ প্রস্তুত করা হলো। এ ক্ষার দ্রবণের মাত্রা ppm এককে নির্ণয় কর। **উত্তর :** 50 ppm।

৩. 1.15 আপেক্ষিক গুরুত্বের 2 mL H_2SO_4 কে পানিতে দ্রবীভূত করে দ্রবণের আয়তন 500 mL এ পরিণত করা হলো। এসিড দ্রবণের ঘনমাত্রা ppm এককে নির্ণয় কর। **উত্তর :** 4600 ppm।

৪. 125 ppm Na_2CO_3 এর দ্রবণকে মোলার ঘনমাত্রায় প্রকাশ কর। **উত্তর :** 1.179×10^{-3} M।

৫. 0.25 M Na_2CO_3 দ্রবণকে শতকরা ও ppm এককে হিসেবে প্রকাশ কর। **উত্তর :** 2.65% (w/v). 2.65×10^4 ppm।

৬. 0.15 M H_2SO_4 দ্রবণকে শতকরা ও ppm এককে হিসেবে প্রকাশ কর। **উত্তর :** 1.47% (w/v). 1.47×10^4 ppm।

৭. ল্যাবরেটরিতে 0.1 M ঘনমাত্রার 100 mL Na_2CO_3 দ্রবণ রক্ষিত আছে। এ দ্রবণকে কীভাবে তুমি 100 ppm মাত্রার দ্রবণে পরিণত করবে? **উত্তর :** 10.5 L পানি যোগ করতে হবে।

৮. 200 mL 0.115 M HCl দ্রবণের মধ্যে কী পরিমাণ HCl বর্তমান? দ্রবণের মাত্রা ppm এককে কত? **উত্তর :** 0.8395 g, 4197.5 ppm।

৯. 200 mL 115 ppm HCl দ্রবণের মধ্যে কী পরিমাণ HCl বর্তমান? **উত্তর :** 0.023 g HCl।

১০. 250 mL 100 ppm Na_2CO_3 দ্রবণের মধ্যে কী পরিমাণ Na_2CO_3 বর্তমান? **উত্তর :** 0.025 g।

১১. 0.101 M ঘনমাত্রায় HCl দ্রবণকে (i) শতকরা (w/v), (ii) ppm ঘনমাত্রা, (iii) ppb ঘনমাত্রা ও (iv) ppt ঘনমাত্রায় প্রকাশ কর। **উত্তর :** (i) 36.865×10^{-2}% (w/v), (ii) 3686.5 ppm, (iii) 3.6865×10^7 ppb, (iv) 3.6865×10^{10} ppt।

১২. 0.105 M ঘনমাত্রায় H_2SO_4 দ্রবণকে (i) শতকরা (w/v), (ii) ppm ঘনমাত্রা, (iii) ppb ঘনমাত্রা ও (iv) ppt ঘনমাত্রায় প্রকাশ কর। **উত্তর :** (i) 1.029% (w/v), (ii) 10290 ppm, (iii) 10.29×10^6 ppb, (iv) 10.29×10^9 ppt।

১৩. ল্যাবরেটরিতে রিয়েজেন্ট বোতলের গায়ে 0.2 M NaOH দ্রবণ লেখা আছে। ক্ষার দ্রবণের মাত্রাকে (i) শতকরা (w/v), (ii) ppm ঘনমাত্রা, (iii) ppb ঘনমাত্রা ও (iv) ppt ঘনমাত্রায় প্রকাশ কর। **উত্তর :** (i) 0.8% (w/v), (ii) 8000 ppm, (iii) 8.0×10^6 ppb, (iv) 8.0×10^9 ppt।

১৪. ল্যাবরেটরিতে রিয়েজেন্ট বোতলের গায়ে আঃ গুঃ 1.25 এবং 26%(w/w) HCl লেখা আছে। এসিড দ্রবণের (i) মোলার ঘনমাত্রা, (ii) শতকরা (w/v), (iii) ppm ঘনমাত্রা ও (iv) ppt ঘনমাত্রা নির্ণয় কর। **উত্তর :** (i) 8.9041 M; (ii) 32.5% (w/v), (iii) 3.25×10^5 ppm, (iv) 3.25×10^{11} ppt।

১৫. 1.18 g mL^{-1} ঘনত্বের 98% (w/w) H_2SO_4 দ্রবণের 5 mL কে পানিতে দ্রবীভূত করে 250 mL দ্রবণ প্রস্তুত করা হলো। এসিড দ্রবণের মাত্রাকে (i) মোলার ঘনমাত্রা, (ii) শতকরা (w/v), (iii) ppm ঘনমাত্রা, (iv) ppb ঘনমাত্রা ও (v) ppt ঘনমাত্রায় প্রকাশ কর। **উত্তর :** (i) 0.23 M, (ii) 2.3128% (w/v), (iii) 23128 ppm, (iv) 23.128×10^6 ppb, (v) 23.128×10^9 ppt।

১৬. 50 ppm ঘনমাত্রায় 250 mL Fe^{2+} দ্রবণ প্রস্তুত করতে কত গ্রাম গ্রিন ভিট্রিওলের প্রয়োজন? **উত্তর :** 6.2186×10^{-2} g।

১৭. 25 ppm ঘনমাত্রায় 100 mL Cu^{2+} দ্রবণ প্রস্তুত করতে কত গ্রাম ব্লু ভিট্রিওলের প্রয়োজন? **উত্তর :** 9.8228×10^{-3} g।

১৮. 200 ppm ঘনমাত্রায় 100 mL Pb^{2+} দ্রবণ প্রস্তুত করতে কত মিলি গ্রাম $Pb(NO_3)_2$ এর প্রয়োজন? **উত্তর :** 31.98 mg।

১৯. 50 ppm ঘনমাত্রায় Fe^{2+} দ্রবণকে মোলার ঘনমাত্রায় প্রকাশ কর। **উত্তর :** 8.9525×10^{-4} M।

৩.৭ ব্যবহারিক : দ্রবণের ঘনমাত্রা লঘুকরণ (Diluting the Concentration of Solution)

ল্যাবরেটরিতে প্রস্তুতকৃত একটি নির্দিষ্ট ঘনমাত্রার দ্রবণ বা প্রমাণ দ্রবণ থেকে অপেক্ষাকৃত কম ঘনমাত্রার অপর একটি দ্রবণ প্রস্তুত করা যায়। এক্ষেত্রে নিচের পদ্ধতি অনুসরণ করবে।

মনে কর, 1.0 M Na_2CO_3 দ্রবণ ল্যাবরেটরিতে সংরক্ষণ করা আছে। এ দ্রবণকে 0.5 M Na_2CO_3 দ্রবণে পরিণত করতে হবে।

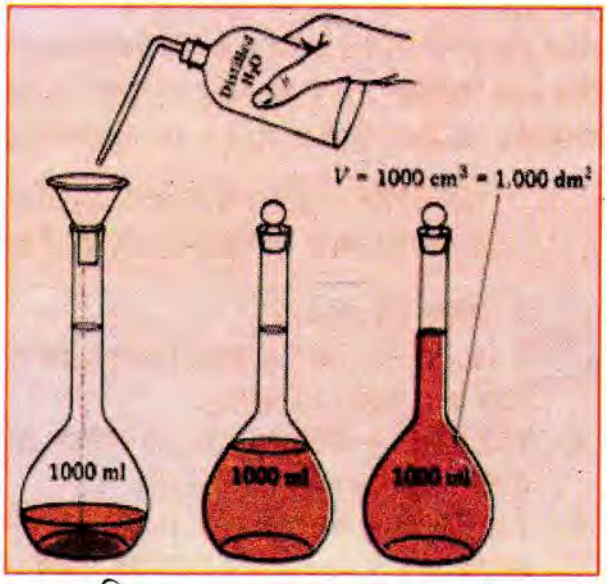
পদ্ধতি :

১. প্রথমে 250 mL আয়তনের একটি মাপন ফ্লাস্ককে নিয়ে ভালোমতো পরিষ্কার করে নাও। ফ্লাস্কের মুখে একটি পরিষ্কার ফানেল বসাও।

২. 50 mL মেজারিং সিলিন্ডারের সাহায্যে সরবরাহকৃত 1.0 M Na_2CO_3 দ্রবণ হতে প্রথমে 50 mL দ্রবণ ও পরে আরও 50 mL একই দ্রবণকে মাপন ফ্লাস্কে নাও।

৩. 10 mL মেজারিং সিলিন্ডারের সাহায্যে দুই বার করে 20 mL দ্রবণকে ফ্লাস্কের দ্রবণের সাথে মেশাও।

৪. 5 mL আয়তনের মেজারিং সিলিন্ডারের সাহায্যে 5 mL দ্রবণকে মাপন ফ্লাস্কে নিয়ে দ্রবণের মোট আয়তন 125 mL করে নাও। এখন মাপন ফ্লাস্কের মধ্যে 125 mL 1.0 M Na_2CO_3 নেওয়া হয়েছে।



চিত্র ৩.৩ : দ্রবণের ঘনমাত্রা লঘুকরণ

গণনা : আয়তন মাত্রিক গণনা হতে আমরা জানি,

$V_1M_1 = V_2M_2$

$\therefore V_2 = \frac{V_1M_1}{M_2}$

বা, $V_2 = \frac{125 \times 1}{0.5} = 250$ mL

এখানে, M_2 = মিশ্র দ্রবণের মাত্রা = 0.5 M

M_1 = দ্রবণের প্রাথমিক মাত্রা = 1.0 M

V_1 = দ্রবণের প্রাথমিক আয়তন = 125 mL

V_2 = দ্রবণের শেষ আয়তন = ?

$\therefore$ শেষ আয়তন = 250 mL

$\therefore$ মিশ্রিত পানির পরিমাণ = $(V_2 - V_1)$ = (250 – 125) mL = 125 mL

৫. এবার একইভাবে 50 mL, 10 mL ও 5 mL মেজারিং সিলিন্ডার ব্যবহার করে 125 mL পাতিত পানি ফ্লাস্কের দ্রবণের সাথে যোগ করে দ্রবণের মোট আয়তন 250 mL তৈরি কর। ফ্লাস্কের আয়তন নির্দেশক দাগ ভালোভাবে লক্ষ্য কর।

সিদ্ধান্ত : বর্তমানে প্রস্তুতকৃত Na_2CO_3 দ্রবণের মাত্রা 0.5 M.

নিজে কর – ৩.৭ :

১. ল্যাবরেটরিতে 1.0 M Na_2CO_3 দ্রবণ সংরক্ষিত আছে। ঐ দ্রবণ হতে 10 mL দ্রবণকে নিয়ে প্রয়োজনীয় পানি যোগ করে 0.1 M ঘনমাত্রায় 100 mL Na_2CO_3 দ্রবণ প্রস্তুত কর। প্রয়োজনীয় গণনা দেখাবে।

২. ল্যাবরেটরিতে 1. 0 M HCl দ্রবণ সংরক্ষিত আছে। ঐ দ্রবণের 50 mL দ্রবণ নিয়ে 0.20 M ঘনমাত্রার দ্রবণ প্রস্তুত কর।

৩.৮ এসিড-ক্ষার প্রশমন বিক্রিয়া ও প্রশমন বিন্দু (Acid-Base Neutralization Reaction and Neutralization Point)

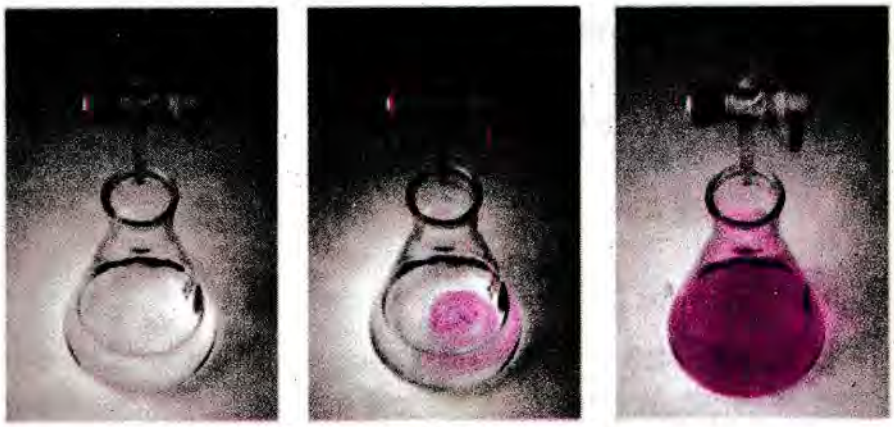
৩.৮.১ এসিড-ক্ষার প্রশমন বিক্রিয়া (Acid-Base Neutralization Reaction)

এসিড দ্রবণে ক্ষার বা ক্ষার দ্রবণে এসিড যোগ করলে– এসিড তার এসিডত্ব এবং ক্ষার তার ক্ষারকত্ব বিনষ্ট করে লবণ ও পানি উৎপন্ন করে থাকে। যে প্রক্রিয়ায় তুল্য পরিমাণ এসিড ও ক্ষার পরস্পর পরস্পরের সাথে বিক্রিয়া করে উভয়ের ধর্ম

সম্পূর্ণভাবে হারিয়ে নিরপেক্ষ যৌগ পূর্ণ লবণ ও পানি উৎপন্ন করে থাকে তাকে আমরা অম্ল-ক্ষার প্রশমন বিক্রিয়া বলব। প্রকৃত অর্থে এসিডের হাইড্রোজেন আয়ন, $[H^+]$ তথা হাইড্রোনিয়াম মূলক, $[H_3O^+]$ ও ক্ষারের হাইড্রোক্সিল মূলক, $[OH^-]$ যুক্ত হয়ে নিরপেক্ষ যৌগ পানি উৎপন্ন করে থাকে।

$H^+ + OH^- = H_2O$

$H_3O^+ + OH^- = 2H_2O.$



চিত্র ৩.৪ : এসিড ক্ষার প্রশমন

উদাহরণ : $HCl(aq) + NaOH(aq) = NaCl(aq) + H_2O(l).$

$$\boxed{H^+(aq)} + Cl^-(aq) + Na^+(aq) + \boxed{OH^-(aq)} = Na^+(aq) + Cl^-(aq) + \boxed{H_2O}$$

তুল্য পরিমাণ এসিড বলতে এসিডের আণবিক ভরকে ঐ এসিডের ক্ষারকতা দ্বারা ভাগ করে যে মান পাওয়া যায় ঐ মানকেই ধরা হয়ে থাকে। এসিডের তুল্য ভর $= \frac{\text{এসিডের আণবিক ভর}}{\text{এসিডের ক্ষারকতা}}$

যেমন, HCl এর তুল্য ভর $= \frac{36.5}{1} = 36.5,$ H_2SO_4 এর তুল্য ভর $= \frac{98}{2} = 49$

তুল্য পরিমাণ ক্ষার বলতে ক্ষারের আণবিক ভরকে ঐ ক্ষারের অম্লতা দ্বারা ভাগ করে যে মান পাওয়া যায় ঐ মানকেই ধরা হয়ে থাকে। যেমন ক্ষারের তুল্য ভর $= \frac{\text{ক্ষারের আণবিক ভর}}{\text{ক্ষারের অম্লতা}},$ NaOH এর তুল্য ভর $= \frac{40}{1} = 40$

Na_2CO_3 এর তুল্য ভর $= \frac{106}{2} = 53.$

৩.৮.১.১ এসিড-ক্ষার নির্দেশক তত্ত্ব (Theory of acid-base indicator) :

এসিড-ক্ষার নির্দেশক সাধারণত খুব দুর্বল জৈব এসিড অথবা খুব দুর্বল জৈব ক্ষার হয়। এ দুর্বল এসিড অথবা দুর্বল ক্ষারগুলো দ্রবণে টটোমারিক অবস্থা হিসেবে থাকে। টটোমার দুটি গতিশীল সাম্যাবস্থা বর্তমান থাকায় এদের বর্ণ ভিন্ন ভিন্ন হয়। এ টটোমার দুটির মধ্যে একটি অআয়নিত অবস্থায় থাকলেও অপরটি আংশিকভাবে আয়নিত হয়। যে টটোমার গঠনটি আয়নিত হয় তার মূল বর্ণ এবং ঐ টটোমারের বিয়োজনের ফলে উৎপন্ন আয়নের বর্ণ অভিন্ন থাকে।

মনে করি, একটি এসিড-ক্ষার নির্দেশকের দুটি টটোমার Hln_A ও Hln_B; এ টটোমার দুটির মধ্যে Hln_B আংশিকভাবে বিয়োজিত হলেও Hln_A সম্পূর্ণভাবে অবিয়োজিত অবস্থায় থাকে। Hln_B টটোমারটি বিয়োজিত হলে H^+ ও ln_B^- আয়ন উৎপন্ন করে। তাহলে এক্ষেত্রে দুটো সাম্যাবস্থা থাকে (i) একটি Hln_A ও Hln_B এর মধ্যকার সাম্যাবস্থা (ii) অপরটি Hln_B এবং H^+ ও ln_B^- এর মধ্যকার সাম্যাবস্থা।

$$Hln_A \underset{}{\overset{K_1}{\rightleftharpoons}} Hln_B \overset{K_2}{\rightleftharpoons} H^+ + ln_B^-$$

এখানে K_1 ও K_2 সাম্যধ্রুবক। তবে সাম্যধ্রুবক K_2 প্রকৃত অর্থে Hln_B এর বিয়োজন ধ্রুবক। টটোমার Hln_A ও Hln_B এর বর্ণ ভিন্ন হলেও Hln_B ও ln_B^- এর বর্ণ অভিন্ন হয়। স্বভাবতই Hln_A এর বর্ণ এসিডিক বর্ণ এবং Hln_B বা ln_B^- এর ক্ষারীয় বর্ণ বলে।

এখন প্রথম সাম্যাবস্থার ক্ষেত্রে সাম্যধ্রুবক, $K_1 = \frac{[Hln_B]}{[Hln_A]}$

এবং দ্বিতীয় সাম্যাবস্থার ক্ষেত্রে সাম্যধ্রুবক, $K_2 = \frac{[H^+] \times [ln_B^-]}{[Hln_B]}$

$\therefore K_1 \times K_2 = Kln = \frac{[H^+] \times [ln_B^-]}{[Hln_A]}$ (এখানে Kln = নির্দেশক ধ্রুবক)

$\therefore [H^+] = Kln \frac{[Hln_A]}{[ln^-_B]}$ (উভয়পক্ষে – log নেই)

$-\log[H^+] = -\log\left(Kln \frac{[Hln_A]}{[ln_B^-]}\right)$

$= -\log Kln - \log \frac{[Hln_B]}{[ln_B^-]}$

বা, $pH = pKln + \log \frac{[ln_B^-]}{[Hln_A]}$ ..... (1)

(1) নং সমীকরণ থেকে দেখা যায়, দ্রবণে Hln_A ও ln_B^- এর ঘনমাত্রার অনুপাত দ্রবণের pH মানের উপর নির্ভর করে। দ্রবণের যে কোনো pH মানের ক্ষেত্রে দুটি বর্ণই থাকে। তবে যখন কোনো একটি ঘনমাত্রা অপরটির তুলনায় অন্ততপক্ষে 10 গুণ বেশি হয়। এখন অধিক ঘনমাত্রার বর্ণটিই আমরা দেখতে পাই।

অর্থাৎ, যদি $\frac{[ln_B^-]}{[Hln_A]} = 10$ হয় তখন $pH = pKln + \log 10 = pKln + 1$

এক্ষেত্রে আমরা বর্ণ হিসেবে ln_B^- এর বর্ণ দেখতে পাব।

আর যদি $\frac{[ln_B^-]}{[Hln_A]} = \frac{1}{10}$ হয় তখন $pH = pKb + \log\left(\frac{1}{10}\right) = pKb - 1$

এ অবস্থায় আমরা বর্ণ হিসেবে Hln_A এর বর্ণ দেখতে পাব।

অর্থাৎ নির্দেশকের বর্ণ পরিবর্তনের সীমা হলো $(pKln \pm 1)$

সুতরাং নির্দেশক $(pKln - 1)$ থেকে $(pKln + 1)$ পর্যন্ত pH সীমা কার্যকর হয়। উদাহরণস্বরূপ, মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশকের ক্ষেত্রে $pKln = 3.7$। তাই এসিড-ক্ষার টাইট্রেশনের ক্ষেত্রে প্রশমন বিন্দুতে দ্রবণের pH এর মান 2.7 থেকে 4.7 এর মধ্যে থাকলেই কেবলমাত্র মিথাইল অরেঞ্জ প্রশমন বিন্দু নির্ধারণে উপযোগী হয়। একইভাবে ফেনলফথ্যালিন নির্দেশকের ক্ষেত্রে $pKln = 9.4$। এসিড-ক্ষার টাইট্রেশনের ক্ষেত্রে প্রশমন বিন্দুতে দ্রবণের pH এর মান 8.2 থেকে 10 এর মধ্যে থাকলেই কেবল মাত্র ফেনলফথ্যালিন প্রশমন বিন্দু নির্ধারণে উপযোগী হয়।

ক্ষারীয় দ্রবণের ক্ষেত্রে, দ্রবণের সর্বনিম্ন $pH = (pKln + 1)$ এবং এসিডীয় দ্রবণের ক্ষেত্রে, দ্রবণের সর্বোচ্চ $pH = (pKln - 1)$।

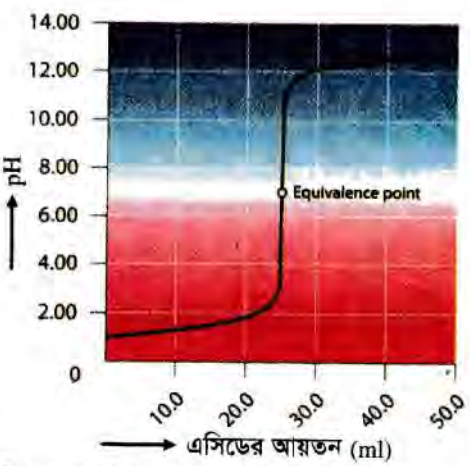
৩.৮.১.২ টাইট্রেশন লেখ (Titration Graph) :

কোনো এসিড দ্রবণের মধ্যে যদি ফোঁটায় ফোঁটায় ক্ষার দ্রবণকে যোগ করা হয় অথবা যদি কোনো ক্ষার দ্রবণের মধ্যে একইভাবে এসিডকে যোগ করা হয় তবে উভয় ক্ষেত্রেই দ্রবণের pH মানের পরিবর্তন ঘটবে। কিন্তু প্রশমন বিন্দুর নিকটে এসে দ্রবণের pH মানের হঠাৎই মারাত্মক পরিবর্তন ঘটে। যেকোনো এসিড-ক্ষার টাইট্রেশনের ক্ষেত্রেই pH মানের এ হঠাৎ পরিবর্তন নির্দেশক নির্বাচনের ক্ষেত্রে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রাখে।

(ক) তীব্র এসিড ও তীব্র ক্ষারের টাইট্রেশন : তীব্র ক্ষার দ্রবণে তীব্র এসিড ফোঁটায় ফোঁটায় যোগ করলে প্রথমে দ্রবণের pH মান ধীরে ধীরে কমতে থাকে। কিন্তু প্রশমন বিন্দুর কাছাকাছি দ্রবণের pH মান হঠাৎ কমে গিয়ে প্রায় 11 থেকে 3 হয়। 20 mL 0.1 M NaOH দ্রবণের মধ্যে 18 – 19 mL 0.1 M HCl দ্রবণ যোগ করলে দ্রবণের pH মান দ্রুত কমে গিয়ে প্রায় প্রশমন বিন্দুর কাছাকাছি এসে পড়ে।

$$HCl(aq) + NaOH(aq) \rightleftharpoons NaCl(aq) + H_2O(l)$$

এ অবস্থায় দ্রবণের মধ্যে সামান্য কয়েক ফোঁটা HCl যোগ করলেই দ্রবণ পূর্ণ প্রশমিত হয় অর্থাৎ দ্রবণের pH মান খুব দ্রুত হঠাৎ করেই পরিবর্তিত হয়। নির্দেশক ফেনলফথ্যালিন এ সীমার মধ্যে বর্ণ পরিবর্তন করে প্রশমন বিন্দুকে নির্দেশ করে। তবে এক্ষেত্রে মিথাইল অরেঞ্জ, মিথাইল রেড, থাইমল ব্লু যে কোনোটিকেও ব্যবহার করা যায়।



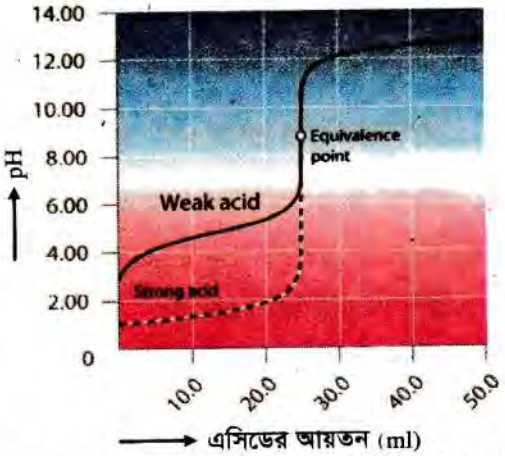
চিত্র ৩.৫ : তীব্র এসিড-তীব্র ক্ষারের টাইট্রেশন লেখ

(খ) মৃদু এসিড ও তীব্র ক্ষারের টাইট্রেশন : তীব্র ক্ষার দ্রবণের মধ্যে ফোঁটায় ফোঁটায় মৃদু এসিড দ্রবণ যোগ করলে দ্রবণের pH মান ধীরে ধীরে কমতে থাকে। প্রশমন বিন্দুর কাছাকাছি এসে pH মান হঠাৎ করেই অতিরিক্ত হ্রাস ঘটে 11 থেকে 6 হয়। উদাহরণস্বরূপ

0.1 M $CH_3 - COOH$ ($Ka = 1.8 \times 10^{-5}$) এর মান 0.1 M NaOH দ্রবণের টাইট্রেশনের ক্ষেত্রে–

$$CH_3 - COOH_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \rightarrow CH_3 - COO^-_{(aq)} + H_2O_{(L)}.$$

দ্রবণের pH সীমার এ পরিবর্তন তীব্র এসিড তীব্রক্ষারের সীমার অনুরূপ। এক্ষেত্রে নির্দেশক হিসেবে ফেনলফথ্যালিন, থাইমল ব্লু যেকোনোটিকেই ব্যবহার করা যায়।



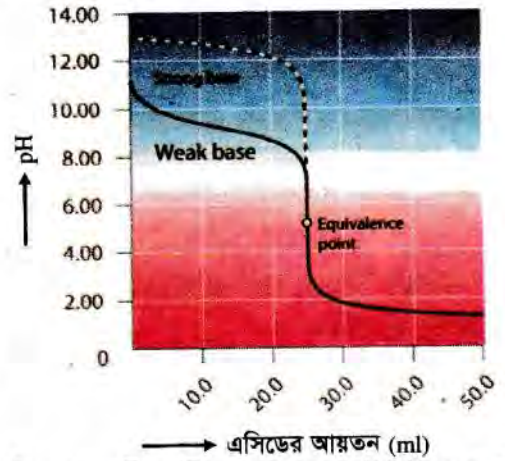
চিত্র ৩.৬ : মৃদু এসিড-তীব্র ক্ষারের টাইট্রেশন লেখ

(গ) তীব্র এসিড ও মৃদু ক্ষারের টাইট্রেশন : মৃদু ক্ষারের দ্রবণে তীব্র এসিড দ্রবণ ফোঁটায় ফোঁটায় যোগ করলে দ্রবণের pH ধীরে ধীরে কমতে থাকে। প্রশমন বিন্দুর কাছাকাছি এসেই pH এর মানের হঠাৎ করেই অতিরিক্ত হ্রাস ঘটে। এক্ষেত্রে প্রশমন অংশ pH < 7 হয়। 0.1 M $NH_{3(aq)}$ ($K_b = 1.76 \times 10^{-5}$) দ্রবণের মধ্যে 0.1 M HCl দ্রবণ যোগ করলে প্রশমনের ক্ষেত্রে বিক্রিয়াটি –

$$H_3O^+_{(aq)} + NH_{3(aq)} \rightarrow NH_4^+_{(aq)} + H_2O_{(L)}$$

এক্ষেত্রে প্রশমন বিন্দুতে দ্রবণের pH মান 5.27 হয়। এ জাতীয় প্রশমনের ক্ষেত্রে উৎপন্ন NH_4^+ দ্রবণের আর্দ্র বিশ্লেষণ ঘটে বিধায় প্রশমন বিন্দুর pH মানের এরূপ অবস্থা হয়।

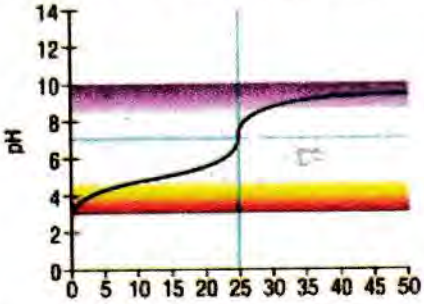
এক্ষেত্রে মিথাইল অরেঞ্জ, মিথাইল রেড উপযুক্ত নির্দেশক।



চিত্র ৩.৭ : তীব্র এসিড ও মৃদু ক্ষারের টাইট্রেশন লেখ

(ঘ) মৃদু এসিড ও মৃদু ক্ষারের টাইট্রেশন : মৃদু এসিড দ্রবণে মৃদু ক্ষার দ্রবণ ফোঁটায় ফোঁটায় যোগ করলে দ্রবণের pH মান ধীরে ধীরে বৃদ্ধি পেয়ে থাকে। মজার বিষয় হলো এক্ষেত্রে প্রশমন বিন্দুর কাছাকাছি এলেও দ্রবণের pH মানের হঠাৎ কোনো বিরাট পরিবর্তন সৃষ্টি করা যায় না। মূল বিষয়টি হলো এ ক্ষেত্রে দ্রবণের pH মানের শুরু থেকে শেষ পর্যন্ত খুবই ধীরগতিতে বৃদ্ধি পেতে থাকে।

এক্ষেত্রে সুনির্দিষ্ট কোনো উপযুক্ত নির্দেশক কার্যকর হয় না। তবে এক্ষেত্রে নির্দেশক ফেনলফথ্যালিন ও মিথাইল রেড এর মিশ্রণকে ব্যবহার করা হয়।



চিত্র ৩.৮ : মৃদু এসিড ও মৃদু ক্ষারের টাইট্রেশন লেখ

উদাহরণ ১ : 25 °C তাপমাত্রায় টাইট্রেশনের সময় 20 mL 0.1 M NaOH দ্রবণের মধ্যে 25 mL 0.1 M HCl দ্রবণ যোগ করা হলো। দ্রবনের pH মান নির্ণয় কর।

সমাধান : প্রথমে মিশ্রণের মধ্যে প্রতিটি উপাদানের কত মোল যোগ করা হয়েছে তা নির্ণয় করি।

$$\text{দ্রবণে NaOH এর মোল সংখ্যা} = \frac{20\ \text{mL} \times 1\text{L} \times 0.1\ \text{mol.L}^{-1}}{1000\ \text{mL}} = 2.0 \times 10^{-3}\ \text{mol}$$

$$\text{দ্রবণে HCl এর মোল সংখ্যা} = \frac{25\ \text{mL} \times 1\text{L} \times 0.1\ \text{mol.L}^{-1}}{1000\ \text{mL}} = 2.5 \times 10^{-3}\ \text{mol}$$

$$NaOH(aq) + HCl(aq) \longrightarrow NaCl(aq) + H_2O(l)$$

এসিড ও ক্ষারের প্রশমনের ক্ষেত্রে মোলের অনুপাত 1 : 1।

∴ মিশ্রণের 2×10^{-3} mol NaOH, 2×10^{-3} mol HCl কে প্রশমিত করবে।

∴ প্রশমনের পরে দ্রবনের মধ্যে অতিরিক্ত HCl এর মোল সংখ্যা = $(2.5 \times 10^{-3} - 2 \times 10^{-3}) = 5 \times 10^{-4}$ mol

বর্তমানের দ্রবণের মোট আয়তন = (20 + 25) mL = 45 mL = 4.5×10^{-2} L

∴ প্রশমনের পরে দ্রবণে HCl এর ঘনমাত্রা, $[HCl] = \frac{5 \times 10^{-4} \text{ mol}}{4.5 \times 10^{-2} \text{ L}} = 1.11 \times 10^{-2}$ mol. $L^{-1} = 1.11 \times 10^{-2}$ M

∴ দ্রবণে H_3O^+ আয়নের ঘনমাত্রা, $[H_3O^+] = 1.11 \times 10^{-2}$ M

∴ মিশ্রণের pH = $-\log [H_3O^+] = -\log (1.11 \times 10^{-2}) = 1.9653$

∴ দ্রবণের pH মান 1.9653।

উদাহরণ ২ : 25 °C তাপমাত্রায় 25 mL 0.1M NaOH দ্রবণের মধ্যে 25 mL 0.1 M $CH_3 - COOH$ এর দ্রবণ যোগ করা হলো। মিশ্রণের pHমান গণনা কর। $CH_3 - COOH$ এর $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$।

সমাধান : প্রথমে মিশ্রণের মধ্যে প্রতিটি উপাদানের কত মোল যোগ করা হয়েছে তা নির্ণয় করি।

দ্রবণে NaOH এর মোলসংখ্যা = $\frac{25 \text{ mL} \times 1\text{L} \times 0.1 \text{ mol.L}^{-1}}{1000 \text{ mL}} = 2.5 \times 10^{-3}$ mol

দ্রবণে $CH_3 - COOH$ এর মোলসংখ্যা = $\frac{25 \text{ mL} \times 1\text{L} \times 0.1 \text{ mol.L}^{-1}}{1000 \text{ mL}} = 2.5 \times 10^{-3}$ mol.

$CH_3 - COOH(aq) + NaOH(aq) \longrightarrow CH_3 - COONa(aq) + H_2O$

এসিড ও ক্ষারের প্রশমনের ক্ষেত্রে মোলের অনুপাত 1 ঃ 1

∴ দ্রবণের 2.5×10^{-3} mol $CH_3 - COOH$, 2.5×10^{-3} mol NaOH কে প্রশমিত করে 2.5×10^{-3} mol $CH_3 - COONa$ উৎপন্ন করবে।

দ্রবণের মোট আয়তন = (25 + 25) mL = 50 mL

∴ দ্রবণে $CH_3 - COONa$ এর ঘনমাত্রা, $[CH_3 - CONa] = \frac{2.5 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 1000 \text{ mL}}{50 \text{ mL} \times 1 \text{ L}} = 5 \times 10^{-2}$ M

এখন দ্রবণের $CH_3 - COONa$ এর $CH_3 - COO^-$ আয়ন পানির সাথে বিক্রিয়া করে $CH_3 - COOH$ উৎপন্ন করবে।

$CH_3 - COO^-(aq) + H_2O(L) \rightleftharpoons CH_3 - COOH(aq) + OH^-(aq)$

এ বিয়োজনের ক্ষেত্রে সাম্যধ্রুবক, $K_b = \frac{[CH_3 - COOH] \times [OH^-]}{[CH_3 - COO^-]}$

কিন্তু $K_w = K_a \times K_b$ ∴ $K_b = \frac{K_w}{K_a} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1.8 \times 10^{-5}} = 5.556 \times 10^{-10}$

এক্ষেত্রে দ্রবণে H_2O এর বিয়োজনে যে OH^- আয়নের সৃষ্টি হয় তার পরিমাণ $CH_3 - COO^-$ ও H_2O বিক্রিয়ায় উৎপন্ন OH^- আয়নের তুলনায় অতি নগন্য ধরা যায়।

মনে করি, দ্রবণের $CH_3 - COO^-$ এর x mol বিয়োজন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে।

∴ উপাদান	$CH_3 - COO^-$	OH^-	$CH_3 - COOH$
প্রাথমিক ঘনমাত্রা, M	5×10^{-2}	0	0
ঘনমাত্রার পরিবর্তন, M	− x	+ x	+ x
সাম্যাবস্থায় ঘনমাত্রা, M	$(5 \times 10^{-2} - x)$	x	x

∴ $K_b = \frac{[CH_3 - COOH] \times [OH^-]}{[CH_3 - COO^-]} = \frac{x \times x}{(5 \times 10^{-2} - x)}$

এক্ষেত্রে x এর মান 5×10^{-2} এর তুলনায় খুবই ছোট হওয়ায় $(5 \times 10^{-2} - x) \cong 5 \times 10^{-2}$ ধরা হয়।

∴ $\frac{x^2}{5 \times 10^{-2}} = 5.556 \times 10^{-10}$

$\therefore x^2 = 2.778 \times 10^{-11}$

$\therefore x = 5.27 \times 10^{-6}$ M

$\therefore$ দ্রবণে বর্তমানে OH^- আয়নের ঘনমাত্রা, $[OH^-] = 5.27 \times 10^{-6}$ M

$\therefore pOH = -\log [OH^-] = -\log (5.27 \times 10^{-6}) = 5.278$

$\therefore pH = 14 - pOH = 8.722$

$\therefore$ দ্রবণের pH মান 8.722।

নিজে কর – ৩.৮ :

১. 25 °C তাপমাত্রায় টাইট্রেশনের সময় 30 mL 0.1 M NaOH দ্রবণের মধ্যে 50 mL 0.1 M HCl দ্রবণ যোগ করা হলো। মিশ্রণের pH মান গণনা কর। **উত্তর :** 1.602।

২. 25 °C তাপমাত্রায় টাইট্রেশনের সময় 60 mL 0.1 M NaOH দ্রবণের মধ্যে 50 mL 0.1 M HCl দ্রবণে যোগ করা হলো। মিশ্র দ্রবণের pH মান গণনা কর। **উত্তর :** 11.959।

৩. 25 °C তাপমাত্রায় একজন শিক্ষার্থী টাইট্রেশনের সময় 10 mL 0.15 M NaOH দ্রবণের মধ্যে 10.5 mL 0.15 M HCl দ্রবণ ব্যবহার করেছিল। মিশ্রণের pH মান নির্ণয় কর। **উত্তর :** 2.44।

৪. 25 °C তাপমাত্রায় একজন শিক্ষার্থী রসায়ন গবেষনাগারে টাইট্রেশনের সময় নির্দেশক মিথাইল অরেঞ্জ ব্যবহার করে 10 mL 0.1 M Na_2CO_3 দ্রবণের মধ্যে 11 mL 0.2 M HCl দ্রবণ যোগ করেছিল। দ্রবণের pH মান নিণয় কর। **উত্তর :** 2.0307।

৫. 50 mL 0.1 M CH_3–COOH ও 50 mL 0.1 M NaOH দ্রবণের মিশ্রণের pH মান গণনা কর। ($Ka = 1.75 \times 10^{-5}$) **উত্তর :** 8.7218.

৬. 5 mL 0.2 M CH_3–COOH ও 25 mL 0.2 M NaOH দ্রবণের একটি মিশ্রণ। এ মিশ্রণের pH মান গণনা কর। ($Ka = 1.8 \times 10^{-5}$). **উত্তর :** 8.874.

৭. 25 °C তাপমাত্রায় 50 mL 0.1 M NaOH দ্রবণের মধ্যে 50 ML 0.1 M CH_3 – COOH দ্রবণ যোগ করলে দ্রবণের pH গণনা কর। CH_3 – COOH এর $Ka = 1.8 \times 10^{-5}$। **উত্তর :** 8.7218।

৮. 25 °C তাপমাত্রায় 25 mL 0.2 M NaOH দ্রবণের মধ্যে 25 mL 0.2 M CH_3 – COOH দ্রবণ যোগ করলে দ্রবণের pH মান গণনা কর। CH_3 – COOH এর $Ka = 1.8 \times 10^{-5}$। **উত্তর :** 8.8724।

৯. 0.1 M CH_3–COOH দ্রবণের pH গণনা কর। এ দ্রবণের মধ্যে 0.05 mol. L^{-1} CH_3–COONa যোগ করলে দ্রবণের pH মান গণনা কর। ($Ka = 1.8 \times 10^{-5}$) **উত্তর :** পূর্বে 2.8737 ও পরে 4.4437

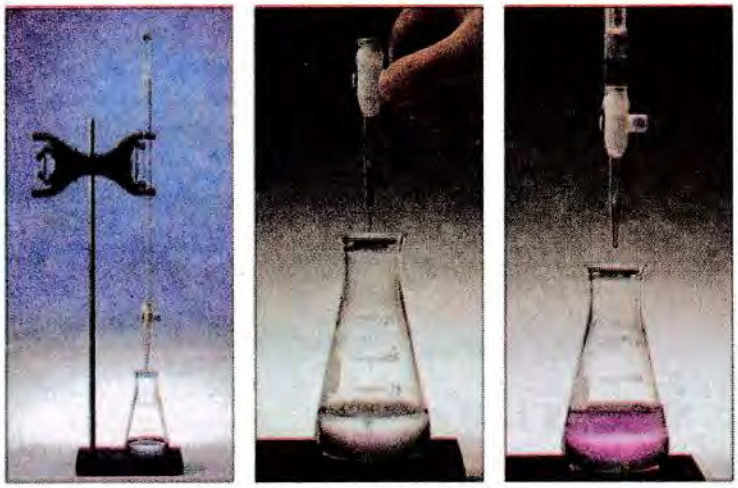
১০. 0.2 M CH_3–COOH দ্রবণের pH মান গণনা কর। এ দ্রবণের মধ্যে 0.15 mol. L^{-1} CH_3–COONa যোগ করলে দ্রবণের pH মান কত হবে গণনা কর। ($Ka = 1.8 \times 10^{-5}$) **উত্তর :** পূর্বে 2.7237 ও পরে 4.6198.

৩.৮.২ টাইট্রেশন (Titration)

উপযুক্ত নির্দেশকের উপস্থিতিতে একটি নির্দিষ্ট ঘনমাত্রার কোনো এসিড বা ক্ষার দ্রবণের সাথে অপর একটি ক্ষার বা এসিড দ্রবণের বিক্রিয়া ঘটিয়ে ঐ দ্রবণের অজানা ঘনমাত্রা নির্ণয় করার পদ্ধতিকে টাইট্রেশন বলা হয়। এটি একটি আয়তনমিতিক ব্যবহারিক পদ্ধতি। টাইট্রেশন প্রক্রিয়ার যে বিন্দুতে ক্ষার দ্রবণটি সম্পূর্ণভাবে এসিড দ্রবণ দ্বারা প্রশমিত হয় তাকে প্রশমন বিন্দু বলে। এক্ষেত্রে নির্দেশকের তথা দ্রবণের বর্ণের পরিবর্তন দেখে প্রশমন বিন্দু নির্ধারণ করা হয়।

টাইট্যান্ট (Titant) : টাইট্রেশনে ব্যবহৃত জানা মাত্রার দ্রবণটিকে টাইট্রান্ট বলে। টাইট্রেশনের সময় এটিকে সাধারণত ব্যুরেট এর মধ্যে নেওয়া হয়।

টাইট্রান্ড (Titrand) : অজানা মাত্রার যে দ্রবণকে টাইট্রেশন করা হয় তাকে টাইট্রান্ড বলে। টাইট্রেশনের সময় এটিকে কনিক্যাল ফ্লাস্কে নেওয়া হয়।



চিত্র ৩.৯ : টাইট্রেশন প্রক্রিয়া

এসিড-ক্ষার টাইট্রেশনের মূলতত্ত্ব (Principle of Acid-Base Titration) :

এসিড-ক্ষার টাইট্রেশনের মূলতত্ত্ব হলো $\frac{V_A \times M_A}{x} = \frac{V_B \times M_B}{y}$।

এখানে, V_A = এসিডের আয়তন, M_A = এসিডের শক্তিমাত্রা, V_B = ক্ষারের আয়তন, M_B = ক্ষারের শক্তিমাত্রা, x = ক্ষারকের অম্লতা, y = অম্লের ক্ষারকতা।

অম্লের ক্ষারকতা : ঐ অম্লের প্রতিমোল এক এসিডিয় ক্ষার NaOH এর কত মোলকে প্রশমিত করে উহার উপর ভিত্তি করে অম্লের ক্ষারকতাকে নির্ধারণ করা হয়। যেমন– HCl, HNO_3, HBr, HNO_2 এক ক্ষারকীয় এসিড। H_2SO_4, H_2SO_3, H_2CO_3, H_3PO_3 দ্বি ক্ষারকীয় এসিড। H_3PO_4 ত্রিক্ষারকীয় এসিড। মনে রাখবে, বোরিক এসিড H_3BO_3 একটি এক ক্ষারকীয় এসিড। জলীয় দ্রবণে এটি একটি মাত্র H^+ আয়ন দান করে থাকে। $H_3BO_3 + H_2O \rightleftharpoons [B(OH)_4]^- + H^+$

ক্ষারকের অম্লতা : ক্ষার বা ক্ষারকের প্রতি মোল এক ক্ষারকীয় এসিড HCl এর কত মোলকে প্রশমিত করে উহার উপর ভিত্তি করে ক্ষার বা ক্ষারকের অম্লতা নির্ধারণ করা হয়। যেমন– NaOH, KOH, NH_4OH, LiOH এক এসিডিয় ক্ষার। Na_2CO_3, $Ca(OH)_2$, $Mg(OH)_2$ দ্বিএসিডিয় ক্ষার।

▶▶ ৩.৮.৩ | এসিড-ক্ষার প্রশমন বিন্দু (Acid-Base Neutralization Point)

টাইট্রেশন প্রক্রিয়ায় একটি ব্যুরেটে গৃহীত নমুনা দ্রবণকে প্রমাণ দ্রবণে অথবা প্রমাণ দ্রবণকে নমুনা দ্রবণে নিয়ন্ত্রিত ব্যবস্থায় যোগ করে প্রশমন ঘটানো হয়। এক্ষেত্রে উপযুক্ত নির্দেশক ব্যবহার করা হয়ে থাকে। এসিডের মধ্যে ক্ষার অথবা ক্ষারের মধ্যে এসিড যোগ করার সময় এসিডের শেষ বিন্দু যা ক্ষারকে পূর্ণ প্রশমিত করে অথবা ক্ষারের শেষ বিন্দু যা এসিডকে পূর্ণ প্রশমিত করে ঐ শেষ বিন্দুই প্রশমন বিন্দু। টাইট্রেশনের ক্ষেত্রে এটি একটি অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ বিষয়। এক্ষেত্রে নির্দেশক বর্ণ পরিবর্তনের মাধ্যমে প্রশমন বিন্দু নির্দেশ করে থাকে।

মনে রাখা প্রয়োজন :

১. যেকোনো এসিড বা ক্ষারের আয়তনকে এর মাত্রা দ্বারা গুণ করলে গুণফল আয়ন নির্দেশ করে এবং ঐ আয়তনের মাত্রা 1M। যেমন– 100 mL 0.3 M Na_2CO_3 দ্রবণ ≡ 30 mL 1 M Na_2CO_3 দ্রবণ

200 mL 0.2 M H_2SO_4 দ্রবণ ≡ 40 mL 1 M H_2SO_4 দ্রবণ

২. তুল্য পরিমাণ এসিড তুল্য পরিমাণ ক্ষারকে প্রশমিত করে থাকে।

উদাহরণ ১ : 1.163 আপেক্ষিক গুরুত্বের একটি এসিড দ্রবণে 65% (W/W) HNO_3 বর্তমান। এরূপ একটি এসিড দ্রবণ থেকে 200 mL 1.5M HNO_3 দ্রবণ প্রস্তুত করতে কী পরিমাণ নমুনা HNO_3 প্রয়োজন?

সমাধান : 65% (W/W) HNO_3 দ্রবণ বলতে বুঝি–

100 g দ্রবণে দ্রবীভূত HNO_3 65 g

HNO_3 এর গ্রাম আণবিক ভর 63 g mol^{-1}

∴ 1 M ঘনমাত্রার 1000 mL দ্রবণে দ্রবীভূত HNO_3 63 g

1.5 M ঘনমাত্রার 200 mL দ্রবণে দ্রবীভূত HNO_3 $\frac{63 \times 1.5 \times 200}{1000}$ g = 18.9 g

প্রশ্নানুসারে, 65 g HNO_3 বর্তমান থাকে 100 g দ্রবণে

18.9 g HNO_3 বর্তমান থাকে $\frac{100 \times 18.9}{65}$ g দ্রবণে = 29.0769 g দ্রবণে

∴ দ্রবণের ঘনত্ব 1.163 g. mL^{-1};

∴ দ্রবণের আয়তন = $\frac{29.0769}{1.163}$ = 25 mL

উদাহরণ ২ : 20 mL 0.5 M এক ক্ষারকীয় এসিডের মধ্যে 25 mL 0.15 M দ্বি-এসিডিয় ক্ষার দ্রবণ মিশ্রিত করা হলো। মিশ্রণের প্রকৃতি নির্ধারণ কর। এ দ্রবণকে পূর্ণ প্রশমিত করতে ডেসিমোলার ঘনমাত্রার এক ক্ষারকীয় এসিড বা এক এসিডিয় ক্ষারের কত আয়তনের প্রয়োজন?

সমাধান : 20 mL 0.5 M এক ক্ষারকীয় এসিড দ্রবণ ≡ 10 mL 1M এক ক্ষারকীয় এসিড দ্রবণ।

25 mL 0.15 M দ্বি-এসিডিয় ক্ষার দ্রবণ ≡ 3.75 mL 1 M দ্বি-এসিডিয় ক্ষার দ্রবণ।

3.75 mL 1M দ্বি-এসিডিয় ক্ষার দ্রবণ ≡ 7.5 mL 1M এক এসিডিয় ক্ষার দ্রবণ।

∴ 7.5 mL 1M এক এসিডিয় ক্ষার দ্রবণ 7.5 mL 1M এক ক্ষারকীয় এসিড দ্রবণকে প্রশমিত করবে।

∴ ক্ষার দ্বারা প্রশমনের পর অতিরিক্ত এসিডের পরিমাণ = (10 – 7.5) = 2.5 mL 1M এক ক্ষারকীয় এসিড দ্রবণ।

∴ মিশ্রণের প্রকৃতি হবে এসিডিয়।

∴ মিশ্রণের মোট আয়তন = (20 + 25) mL = 45 mL

∴ মিশ্রণের মাত্রা, $M_2 = \frac{V_1M_1}{V_2} = \frac{2.5 \times 1}{45} = 0.0556$ M।

দ্রবণকে পূর্ণ প্রশমিত করতে প্রয়োজনীয় এক এসিডিয় ক্ষারের আয়তন, $V_b = \frac{V_aM_a}{M_b} = \frac{45 \times 0.0556}{0.1} = 25.02$ mL।

প্রয়োজনীয় ক্ষারের আয়তন 25.02 mL।

নিজে কর – ৩.৯ :

১. 1.06 g অনার্দ্র Na_2CO_3 কে পানিতে দ্রবীভূত করে 200 mL দ্রবণ প্রস্তুত করা হলো। ক্ষার দ্রবণের মাত্রা নির্ণয় কর। **উত্তর :** 0.05 M।

২. 100% বিশুদ্ধ 1.15 আঃ গুরুত্বের 2 mL H_2SO_4 কে পানিতে দ্রবীভূত করে 200 mL এসিড দ্রবণ প্রস্তুত করা হলো। এসিড দ্রবণের মাত্রা কত? **উত্তর :** 0.1173 M।

৩. 100 mL পানিতে 1.8775 g অনার্দ্র Na_2CO_3 দ্রবীভূত করে ক্ষার দ্রবণ প্রস্তুত করা হলো। এ দ্রবণকে কীভাবে ডেসিমোলার ঘনমাত্রার দ্রবণে পরিবর্তন করবে? **উত্তর :** 77.1226 mL অতিরিক্ত পানি যোগ করতে হবে।

৪. 2.86 g কাপড় কাচা সোডা ($Na_2CO_3.10H_2O$) কে পানিতে দ্রবীভূত করে 100 mL দ্রবণ প্রস্তুত করা হলো। ক্ষার দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা নির্ণয় কর। **উত্তর :** 0.1 M।

৫. 4.9 g H_2SO_4 200 mL দ্রবণে দ্রবীভূত আছে। এসিড দ্রবণের মাত্রা কত? **Ans.** 0.25 M।

৬. 9.547×10^{-2} M ঘনমাত্রার 250 mL Na_2CO_3 দ্রবণ প্রস্তুত করতে প্রয়োজনীয় Na_2CO_3 এর ভর কত? **উত্তর :** 2.5299 g।

৭. 25 mL 0.5 M Na_2CO_3 দ্রবণকে পূর্ণ প্রশমিত করতে 20 mL HCl এসিডের প্রয়োজন হয়। এসিড দ্রবণের মাত্রা কত? **উত্তর :** 1.25 M।

৮. 2.53 g Na_2CO_3 কে পানিতে দ্রবীভূত করে 250 mL দ্রবণ প্রস্তুত করা হলো। এ দ্রবণের 25 mL কে পূর্ণ প্রশমিত করতে 0.115 M HCl দ্রবণের কত আয়তনের প্রয়োজন পড়বে? **উত্তর :** 41.51 mL।

৯. 50 mL 0.5 M H_2SO_4, 100 mL 0.4 M H_2SO_4 ও 40 mL 2.0 M H_2SO_4 কে একটি 250 mL মাপন ফ্লাস্কে নিয়ে প্রয়োজনীয় পানি সহযোগে 250 mL দ্রবণ প্রস্তুত করা হলো। এসিড দ্রবণের মাত্রা এবং দ্রবণে কত গ্রাম এসিড বর্তমান? **উত্তর :** 0.58 M, 14.21 g এসিড।

১০. 30 mL অজ্ঞাত মাত্রার Na_2CO_3 দ্রবণের মধ্যে উপযুক্ত নির্দেশক যোগ করে দ্রবণের মধ্যে 15 mL 1.0 M HCl দ্রবণ যোগ করা হলো। ক্ষার দ্রবণকে পূর্ণ প্রশমিত করতে এতে আরও 2.5 ml 0.125 M H_2SO_4 দ্রবণ যোগ করার প্রয়োজন হয়েছিল। ক্ষার দ্রবণের মাত্রা নির্ণয় কর। **উত্তর :** 0.2604 M।

১১. 30 mL অজ্ঞাত মাত্রার HCl দ্রবণের মধ্যে 1 g বিশুদ্ধ চুনাপাথর যোগ করা হলো। এসিড দ্রবণকে পূর্ণ প্রশমিত করতে এতে আরও 10 mL 0.25 M Na_2CO_3 দ্রবণ যোগ করার প্রয়োজন হয়। এসিড দ্রবণের মাত্রা নির্ণয় কর। **উত্তর :** 0.833 M।

১২. একটি কনিক্যাল ফ্লাস্কে 30 mL 0.3 M HCl ও 6 mL 0.6 M H_2SO_4 দ্রবণ মিশ্রিত করে এসিড মিশ্রণের দ্রবণ প্রস্তুত করা হলো। এ দ্রবণকে পূর্ণ প্রশমিত করতে 0.25 M Na_2CO_3 দ্রবণের কত আয়তনের প্রয়োজন পড়বে? **উত্তর :** 32.4 mL।

১৩. 250 mL দ্রবণের মধ্যে 4.9 g H_2SO_4 দ্রবীভূত আছে। এ দ্রবণের 25 mL কে পূর্ণ প্রশমিত করতে 10% (w/v) Na_2CO_3 দ্রবণের কত আয়তনের প্রয়োজন? **উত্তর :** 5.30 mL।

১৪. 10 mL 0.4 M এক ক্ষারকীয় অম্লের মধ্যে 15 mL 0.25 M এক অম্লীয় ক্ষার দ্রবণ মিশ্রিত করা হলো। মিশ্রণের প্রকৃতি কিরূপ হবে? এ দ্রবণকে পূর্ণ প্রশমিত করতে ডেসিমোলার ঘনমাত্রার এক ক্ষারকীয় এসিড বা এক এসিডীয় ক্ষারের কত আয়তনের প্রয়োজন? **উত্তর :** মিশ্রণের প্রকৃতি অম্লীয়, প্রয়োজনীয় ক্ষারের আয়তন 2.5 mL।

১৫. 50 mL অজ্ঞাত মাত্রার HCl দ্রবণের মধ্যে 0.245 g ভরের এক টুকরা Mg যোগ করা হলো। এসিড দ্রবণকে পূর্ণ প্রশমিত করতে অতিরিক্ত 25 mL 0.25 M Na_2CO_3 দ্রবণকে যোগ করার প্রয়োজন হয়েছিল। এসিড দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা নির্ণয় কর। **উত্তর :** 0.65 M।

১৬. অজ্ঞাত ভরের টুকরা Mg কে 100 mL 0.5 M HCl দ্রবণের মধ্যে যোগ করা হলো। দ্রবণের অতিরিক্ত এসিডকে পূর্ণ প্রশমিত করতে 5% (w/v) Na_2CO_3 দ্রবণের 5 mL আয়তনের প্রয়োজন পড়ে। Mg /(24.24) টুকরার ভর নির্ণয় কর। **উত্তর :** 0.5488 g।

১৭. 47.7 mL 0.25 M H_2SO_4 দ্রবণের মধ্যে অজ্ঞাত ভরের এক টুকরা দস্তা যোগ করা হলো। অতিরিক্ত এসিডকে পূর্ণ প্রশমিত করতে অতিরিক্ত 5.0 mL 0.115 M Na_2CO_3 দ্রবণের প্রয়োজন হয়েছিল। দস্তার টুকরার ভর নির্ণয় কর। (Zn = 65.4) **উত্তর :** 0.74229 g।

১৮. 50 mL অজ্ঞাত মাত্রার নমুনা HCl দ্রবণের মধ্যে 1.5 g বিশুদ্ধ চুনাপাথর যোগ করা হলো। অতিরিক্ত চুনাপাথরকে সম্পূর্ণভাবে দ্রবীভূত করতে দ্রবণে আরও 20 mL ডেসিমোলার ঘনমাত্রার অতিরিক্ত HCl দ্রবণের প্রয়োজন হয়েছিল। নমুনা HCl দ্রবণের মাত্রা নির্ণয় কর। **উত্তর :** 0.56 M।

১৯. ল্যাবরেটরিতে দুটি ভিন্ন রিয়েজেন্ট বোতলে HCl দ্রবণ রক্ষিত আছে। একটির মাত্রা 0.4 M এবং অপরটির মাত্রা 0.1M. তোমাকে 0.25 M ঘনমাত্রার একটি দ্রবণ প্রস্তুত করতে বলা হলে নমুনা এসিড দ্রবণ দুটিকে আয়তনের কী অনুপাতে মিশ্রিত করবে?
উত্তর : 1 ঃ 1 অনুপাতে।

২০. 0.675 g ভরের এক অম্লীয় ক্ষারকে পানিতে দ্রবীভূত করে 50 mL দ্রবণ প্রস্তুত করা হলো। এ দ্রবণকে সম্পূর্ণ প্রশমিত করতে 16 mL 1.055 M HCl এর প্রয়োজন হয়। ক্ষারটির আণবিক ভর নির্ণয় কর। **উত্তর :** 40।

২১. 2.7 g ভরের এক অম্লীয় ক্ষারকে পানিতে দ্রবীভূত করে 100 mL দ্রবণে পরিণত করা হলো। এ দ্রবণের 20 mL পূর্ণ প্রশমিত করলে 13.5 mL 1M HCl দ্রবণের প্রয়োজন হয়। ক্ষারের আণবিক ভর নির্ণয় কর। **উত্তর :** 40।

২২. একটি সরবরাহকৃত চুনাপাথর নমুনার 3.5 g পরিমাণকে নিয়ে একে 60 mL 1M HCl দ্রবণের মধ্যে যোগ করা হলো। দ্রবণের অতিরিক্ত এসিডকে পূর্ণ প্রশমিত করতে 12.5 mL 0.25 M Na_2CO_3 দ্রবণের প্রয়োজন হয়। চুনাপাথরে $CaCO_3$ এর বিশুদ্ধতার শতকরা হার কত? **উত্তর** : 76.7857%।

২৩. 3.0 g ভরের Na_2CO_3 নমুনা পানিতে দ্রবীভূত করে এর আয়তন 200 mL এ পরিণত করা হলো। এ দ্রবণের 25 mL কে পূর্ণ প্রশমিত করতে 0.2 M HCl দ্রবণের 29 mL এর প্রয়োজন হয়েছিল। Na_2CO_3 নমুনাতে ভেজালের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। **উত্তর :** 18.027% ভেজাল।

২৪. ল্যাবরেটরিতে দুটি ভিন্ন রিয়েজেন্ট বোতলে Na_2CO_3 দ্রবণ রক্ষিত আছে। একটি দ্রবণের মাত্রা 0.25 M এবং অপর দ্রবণের মাত্রা 0.4 M. তোমাকে 0.32 M ঘনমাত্রার একটি ক্ষার দ্রবণ প্রস্তুত করতে বলা হলো। নমুনা দুটিকে আয়তনের কী অনুপাতে মিশ্রিত করবে? **উত্তর :** 8 ঃ 7 অনুপাত।

২৫. 50 mL অজ্ঞাত মাত্রার নমুনা HCl দ্রবণের মধ্যে 20 mL 0.25 M Na_2CO_3 দ্রবণ যোগ করা হলো। এসিড দ্রবণকে পূর্ণ প্রশমিত করার উদ্দেশ্যে দ্রবণে 1.5 g বিশুদ্ধ চুনাপাথর যোগ করা হলো। ফলে কিছু চুনাপাথর অবিকৃত থেকে গেল। এ চুনাপাথরকে সম্পূর্ণ দ্রবীভূত করতে এতে আরও 1.5 mL ডেসিমোলার HCl দ্রবণ যোগ করার প্রয়োজন হয়। নমুনা HCl এর মাত্রা নির্ণয় করা। **উত্তর :** 0.797 M।

২৬. 50 mL অজ্ঞাত মাত্রার Na_2CO_3 দ্রবণের মধ্যে প্রথমে 20 mL 0.25 M HCl দ্রবণ যোগ করা হলো। এ দ্রবণে আরও 15 mL 0.3 M H_2SO_4 যোগ করায় দ্রবণটি এসিডীয় হয়ে গেল। এ অবস্থায় দ্রবণকে পূর্ণ প্রশমিত করতে 10 mL 0.1 M NaOH দ্রবণের প্রয়োজন হয়। Na_2CO_3 দ্রবণের মাত্রা নির্ণয় কর। **উত্তর :** 0.13 M।

২৭. NH_3 ও HCl এর পৃথক পৃথক জলীয় দ্রবণে তাদের পরিমাণ যথাক্রমে 20% (W/W) ও 66.67% (W/W)। উভয় দ্রবণ হতে 10 g পরিমাণকে নিয়ে একটি বিকারে মিশ্রিত করা হলো। বিক্রিয়া শেষে অবশিষ্ট HCl এর পরিমাণ কত? **উত্তর :** 2.37288 g।

২৮. ল্যাবরেটরিতে কোন নমুনা HCl এর বোতলের গায়ে 25% (W/W) ও আপেক্ষিক গুরুত্ব 1.125 লেখা আছে। বিশুদ্ধ চুনাপাথর হতে 27 °C তাপমাত্রা ও 1 atm চাপে 1.5 dm^3 CO_2 গ্যাস পেতে কী পরিমাণ ঐ নমুনা এসিডটিকে নেয়া প্রয়োজন। **উত্তর :** 15.8166 mL।

২৯. 50 mL 0.8% (W/V) NaOH দ্রবণের সাথে 25 mL 0.5 M HCl দ্রবণ মেশানো হলো। মিশ্রণের প্রকৃতি কিরূপ এবং দ্রবণের মাত্রাই বা কত? **উত্তর :** দ্রবণের প্রকৃতি অম্লীয় মাত্রা 0.033 M।

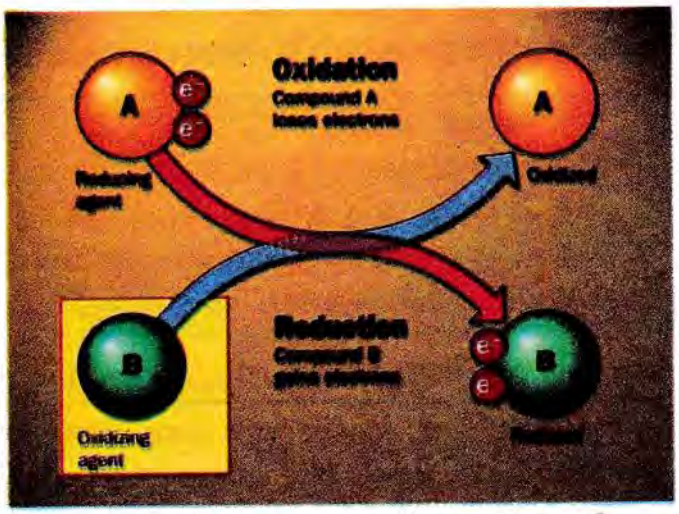
৩০. পাকস্থলিতে উৎপন্ন পাচক রসে HCl এর পরিমাণ 3.105 mg mL^{-1}। যদি একজন ব্যক্তির পাকস্থলী প্রতিদিন 1.175 L পাচক রস উৎপন্ন করে, তাহলে প্রতিদিন উৎপন্ন HCl কে পূর্ণ প্রশমিত করতে কতগুলো এন্টাসিড ট্যাবলেটের প্রয়োজন? যেখানে প্রতিটি ট্যাবলেটে 200 mg $Al(OH)_3$ বর্তমান। **উত্তর :** 13টি।

৩১. 1.95 g ভরের নমুনা Mg, 15 mL HCl এসিডের সাথে সম্পূর্ণভাবে বিক্রিয়া করে। HCl নমুনার আপেক্ষিক গুরুত্ব 1.18 এবং বিশুদ্ধতার মান 32% (W/W)। নমুনা Mg এর মধ্যে ভেজারের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। (Mg = 24)। **উত্তর :** 4.506%।

৩২. 1.25 আপেক্ষিক গুরুত্বের 50 mL নমুনা HCl দ্রবণের মধ্যে 32.65 g বিশুদ্ধ $CaCO_3$ যোগ করা হলো। বিক্রিয়া শেষে 10.25 g $CaCO_3$ অবিকৃত অবস্থায় পড়ে থাকলে ঐ এসিড নমুনার শতকরা কতভাগ বিশুদ্ধ HCl বর্তমান।
উত্তর : 26.1632% (W/W)।

৩.৯ জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া (Oxidation-Reduction Reaction)

রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলো তাদের কৌশলগত দিক ও প্রকৃতি অনুযায়ী বিভিন্ন শ্রেণিতে বিভক্ত করা হয়ে থাকে। যেমন– সংশ্লেষণ, বিশ্লেষণ, প্রতিস্থাপন, সমাণুকরণ, পলিমারকরণ, আর্দ্র বিশ্লেষণ প্রভৃতি। জারণ-বিজারণ ও এরূপ একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া রসায়ন শাস্ত্র অধ্যায়নে দেখা যায় এক বিরাট সংখ্যক রাসায়নিক ও জৈবিক বিক্রিয়া এ শ্রেণির অন্তর্ভুক্ত। তড়িৎ রাসায়নিক কোষে, ব্যাটারির তড়িৎ উৎপাদনে, শক্তি উৎপাদনে, জ্বালানির দহনে, তড়িৎ রাসায়নিক পদ্ধতিতে কস্টিক সোডা, ক্লোরিন প্রভৃতি উৎপাদনে, ধাতুর তড়িৎ বিশোধনে, সালোকসংশ্লেষণ পদ্ধতিতে গ্লুকোজ উৎপাদকে এমন কী লোহার উপর মরিচা পড়া প্রভৃতি জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার মাধ্যমে সম্পন্ন হয়।



চিত্র ৩.১০ : জারণ-বিজারণ ক্রিয়া-

৩.৯.১ জারণ বিক্রিয়া (Oxidation Reaction)

পুরাতন ধারণা মতে, জারণ হচ্ছে এমন একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া যেখানে কোনো মৌল অথবা যৌগের সাথে অক্সিজেন বা অন্যকোনো তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল বা তড়িৎ ঋণাত্মক মূলকের সংযোগ ঘটে অথবা হাইড্রোজেন বা অন্যকোনো তড়িৎ ধনাত্মক মৌল বা মূলকের যৌগ থেকে অপসারণ হয়। যেমন

অক্সিজেনের সংযোগ : $C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2$ (কার্বনের জারণ); $2Mg(s) + O_2(g) \rightarrow 2MgO(s)$, (ম্যাগনেসিয়ামের জারণ)

$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$; $PbS(s) + 4H_2O_2(aq) \rightarrow PbSO_4(aq) + 4H_2O(l)$

(মিথেনের জারণ) (কালো বর্ণ) (সাদা বর্ণ)

তড়িৎ ঋণাত্মক মৌলের সংযোগ : $Mg(s) + Cl_2(g) \longrightarrow MgCl_2(s)$ (ম্যাগনেসিয়ামের জারণ)

$2Na(s) + Cl_2(g) \rightarrow 2NaCl(s)$ (সোডিয়ামের জারণ); $2FeCl_2(aq) + Cl_2(aq) \rightarrow 2FeCl_3(aq)$ (ফেরাস ক্লোরাইডের জারণ)

তড়িৎ ঋণাত্মক মূলকের সংযোগ : $Zn(s) + CuSO_4(aq) \longrightarrow ZnSO_4(aq) + Cu(s)$ (জিংকের জারণ)

$6FeSO_4(aq) + 3H_2SO_4(aq) + 2HNO_3(aq) \rightarrow 3Fe_2(SO_4)_3(aq) + 4H_2O(l) + 2NO(g)$ ($FeSO_4$ এর জারণ)

$3Cu(s) + 8HNO_3(aq) \longrightarrow 3Cu(NO_3)_2(aq) + 4H_2O(l) + 2NO(g)$. (এখানে Cu এর জারণ)

হাইড্রোজেনের অপসারণ : $MnO_2(s) + 4HCl(aq) \longrightarrow MnCl_2(aq) + 2H_2O(l) + Cl_2(g)$ (HCl এর জারণ)

তড়িৎ ধনাত্মক মৌলের অপসারণ :

$2K_4[Fe(CN)_6](aq) + Cl_2(g) \rightarrow 2K_3[Fe(CN)_6](aq) + 2KCl(aq)$ (এখানে $K_4[Fe(CN)_6]$ এর জারণ ঘটেছে)

জারণের ইলেকট্রনীয় মতবাদ : জারণের ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুসারে যে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কোনো পরমাণু, মূলক বা আয়ন ইলেকট্রন ত্যাগ করে তাকে জারণ ক্রিয়া বলা হয়ে থাকে। ইলেকট্রন ত্যাগের ফলে সংশ্লিষ্ট পরমাণু, মূলক বা আয়নের ধনাত্মক চার্জের বৃদ্ধি ঘটে।

উদাহরণ : $2Na(s) + Cl_2(g) \longrightarrow 2NaCl(s)$; $Na \longrightarrow Na^+ + e$ (জারণ)

এক্ষেত্রে সোডিয়াম পরমাণু ইলেকট্রনকে দান করে জারণ ক্রিয়ার মাধ্যমে সোডিয়াম আয়নে পরিণত হয়েছে।

$Fe(s) + CuSO_4(aq) \longrightarrow FeSO_4(aq) + Cu(s)$; $Fe \longrightarrow Fe^{2+} + 2e$ (জারণ)

এখানে আয়রন পরমাণু ইলেকট্রনকে দান করে জারণ ক্রিয়ার মাধ্যমে ফেরাস আয়নে পরিণত হয়েছে।

$2FeCl_2(aq) + Cl_2(aq) \longrightarrow 2FeCl_3(aq)$; $Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + e$ (জারণ)

এখানে Fe^{2+} আয়ন ইলেকট্রনকে দান করে জারিত হয়ে Fe^{3+} আয়নে পরিণত হয়েছে।

$2KI(aq) + Cl_2(g) \longrightarrow 2KCl(aq) + I_2(s)$; $\quad 2I^- \longrightarrow I_2 + 2e$ (জারণ)

এখানে আয়োডাইড আয়ন (I^-) ইলেকট্রনকে দান করে আয়োডিনে পরিণত হয়েছে।

নিজে কর -- ৩.১০ :
নিচের বিক্রিয়াগুলোকে ইলেকট্রনীয় মতবাদের সাহায্যে ব্যাখ্যা কর এবং কার জারণ ঘটেছে দেখাও।

১. $2KBr(aq) + Cl_2(g) \longrightarrow 2KCl(aq) + Br_2(l)$; ২. $Zn(s) + CuSO_4(aq) \longrightarrow ZnSO_4(aq) + Cu(s)$.

৩. $MnO_2(s) + 4HCl(aq) \longrightarrow MnCl_2(aq) + 2H_2O(l) + Cl_2(g)$. ৪. $H_2(g) + Cl_2(g) \longrightarrow 2HCl(aq)$;

৫. $2FeSO_4(aq) + H_2SO_4(aq) + H_2O_2(l) \longrightarrow Fe_2(SO_4)_3(aq) + 2H_2O(l)$

৩.৯.২ | বিজারণ ক্রিয়া (Reduction Reaction)

পুরাতন ধারণা মতে, বিজারণ হচ্ছে এমন একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া যেখানে কোনো মৌল অথবা যৌগের সাথে হাইড্রোজেন বা অন্যকোনো তড়িৎ ধনাত্মক মৌল বা মূলকের সংযোগ ঘটে অথবা অক্সিজেন বা অন্যকোনো তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল বা মূলকের যৌগ থেকে অপসারিত হয়। যেমন–

হাইড্রোজেন সংযোগ : $H_2(g) + Cl_2(g) \longrightarrow 2HCl(g)$ (এখানে Cl_2 বিজারিত)

তড়িৎ ধনাত্মক মৌল সংযোগ : $2Na(s) + Cl_2(g) \longrightarrow 2NaCl(s)$ (এখানে Cl_2 বিজারিত)

$2Mg(s) + O_2(g) \longrightarrow 2MgO(s)$ (এখানে O_2 বিজারিত)

$HgCl_2(s) + Hg(l) \longrightarrow Hg_2Cl_2(s)$ (এখানে $HgCl_2$ বিজারিত)

অক্সিজেনের অপসারণ : $CuO(s) + H_2(g) \longrightarrow Cu(s) + H_2O(g)$ (এখানে CuO বিজারিত)

$FeO(s) + CO(g) \longrightarrow Fe(s) + CO_2(g)$ (এখানে FeO বিজারিত)

$ZnO(s) + C(s) \longrightarrow Zn(s) + CO(g)$ (এখানে ZnO বিজারিত)

তড়িৎ ঋণাত্মক মৌলের অপসারণ : $2FeCl_3(aq) + H_2S(g) \rightarrow 2FeCl_2(aq) + 2HCl(aq) + S(s)$ (এখানে $FeCl_3$ বিজারিত)

$2FeCl_3(aq) + 2H_2O + SO_2 \rightarrow 2FeCl_2(aq) + 2HCl(aq) + H_2SO_4(aq)$ (এখানে $FeCl_3$ বিজারিত হয়েছে)

তড়িৎ ঋণাত্মক মূলকের অপসারণ : $CuSO_4(aq) + Zn(s) \longrightarrow Cu(s) + ZnSO_4(aq)$ (এখানে $CuSO_4$ বিজারিত হয়েছে)

বিজারণের ইলেকট্রনীয় মতবাদ : বিজারণের ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুসারে যে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কোনো পরমাণু, মূলক বা আয়ন ইলেকট্রন গ্রহণ করে তাকে বিজারণ ক্রিয়া বলা হয়ে থাকে। ইলেকট্রন গ্রহণের ফলে সংশ্লিষ্ট পরমাণু, মূলক বা আয়নের ধনাত্মক চার্জের হ্রাস ঘটে।

উদাহরণ : $2Na(s) + Cl_2(g) \longrightarrow 2NaCl(s)$

$Cl + e \longrightarrow Cl^-$ (বিজারণ)

ক্লোরিন পরমাণু (Cl) ইলেকট্রন গ্রহণ করে বিজারণ ক্রিয়ার মাধ্যমে ক্লোরাইড আয়নে (Cl^-) পরিণত হয়েছে।

$Zn(s) + CuSO_4(aq) \longrightarrow ZnSO_4(aq) + Cu(s)$ বা, $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$

$Cu^{2+} + 2e \longrightarrow Cu$ (বিজারিত)

এখানে Cu^{2+} আয়ন ইলেকট্রনকে গ্রহণ করে বিজারিত হয়ে Cu পরমাণুতে পরিণত হয়েছে।

$2FeCl_3(aq) + H_2S(g) \longrightarrow 2FeCl_2(aq) + 2HCl(aq) + S(s)$

$Fe^{3+} + e \longrightarrow Fe^{2+}$ (বিজারিত)

এখানে Fe^{3+} আয়ন ইলেকট্রনকে গ্রহণ করে বিজারিত হয়ে Fe^{2+} আয়নে পরিণত হয়েছে।

অবশ্যই মনে রাখবে : সমযোজী যৌগের ক্ষেত্রে ইলেকট্রনীয় মতবাদের মাধ্যমে জারণ-বিজারণ ক্রিয়াকে ব্যাখ্যা দেওয়া যায় না। সমযোজী যৌগে ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের কোনো অস্তিত্বই থাকে না। এ কারণে কোন পদার্থটি জারিত হচ্ছে আর কোন পদার্থটি বিজারিত হচ্ছে, তা ইলেকট্রনের গ্রহণ ও দানের মাধ্যমে প্রকাশ করা যায় না।

নিজে কর – ৩.১১ :
নিচের বিক্রিয়াগুলোকে ইলেকট্রনীয় মতবাদের সাহায্যে ব্যাখ্যা কর এবং কার বিজারণ ঘটেছে দেখাও।

১. $2KI(aq) + Cl_2(g) \longrightarrow 2KCl(aq) + I_2(s)$; ২. $ZnO(s) + C(s) \longrightarrow Zn(s) + CO(g)$

৩. $2FeCl_3(aq) + SnCl_2(aq) \longrightarrow 2FeCl_2(aq) + SnCl_4(aq)$; ৪. $HgCl_2(s) + Hg(l) \longrightarrow Hg_2Cl_2(s)$

৫. $SO_2(g) + 2H_2S(g) \longrightarrow 3S(s) + 2H_2O(g)$; ৬. $H_2O_2(aq) + 2KI(aq) \longrightarrow 2KOH(aq) + I_2(s)$

জারণ-বিজারণে সাধারণ মতবাদ ও ইলেকট্রনীয় মতবাদের মধ্যে স্ববিরোধ : জারণ-বিজারণের সাধারণ মতবাদে বলা হয়েছে। রাসায়নিকভাবে কোনো পদার্থে হাইড্রোজেনের সংযোগ ঘটলে বিক্রিয়াটিকে বিজারণ বলা হয়। কিন্তু ধাতব হাইড্রাইড যৌগ গঠনের ক্ষেত্রে সাধারণ ও ইলেকট্রনীয় মতবাদের মধ্যে পার্থক্য পরিলক্ষিত হয়।

উদাহরণস্বরূপ : সোডিয়াম ধাতুকে H_2 গ্যাস সহযোগে উত্তপ্ত করলে সোডিয়াম হাইড্রাইড উৎপন্ন হয়।

$$2Na + H_2 \xrightarrow{\text{তাপ}} 2NaH$$
$$2Na \rightarrow 2Na^+ + 2e;\ H_2 + 2e \rightarrow 2H^-$$
$$2Na^+ + 2H^- \rightarrow 2NaH$$

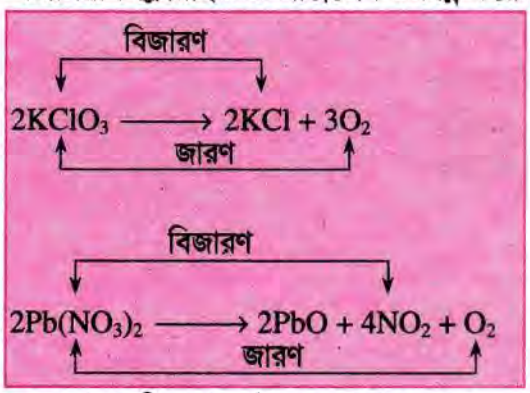
এ বিক্রিয়াতে সোডিয়ামের সাথে হাইড্রোজেন যুক্ত হয়েছে। সুতরাং সাধারণ সংজ্ঞামতে সোডিয়ামের বিজারণ ঘটেছে। কিন্তু ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুসারে, Na মৌলের পরমাণু ইলেকট্রন দান করে Na^+ আয়নে পরিণত হয়েছে। ফলে Na এর জারণ ঘটেছে। কোনো অবস্থাতেই Na এর বিজারণ ঘটে নি। বিপরীতভাবে হাইড্রোজেন ইলেকট্রন গ্রহণ করে হাইড্রাইড আয়ন (H^-) এ পরিণত হয়েছে। সুতরাং হাইড্রোজেনের বিজারণ ঘটেছে।

সাধারণ সংজ্ঞানুসারে হাইড্রোজেন শুধুমাত্র বিজারক হিসেবে ক্রিয়া করে। কিন্তু হাইড্রোজেনের ইলেকট্রন গ্রহণ ও বর্জন করার উভয় প্রবণতাই আছে। ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুসারে হাইড্রোজেন জারক ও বিজারক উভয় হিসেবেই ক্রিয়া করে। বাস্তব অর্থে ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুযায়ী হাইড্রোজেন সংযোগ বিক্রিয়াটি জারণ না বিজারণ তা নির্ভর করে বিক্রিয়াটিতে হাইড্রোজেন ইলেকট্রন গ্রহণ করে না ত্যাগ করে তার উপর।

Li, K, Ca প্রভৃতি হাইড্রাইড যৌগ গঠনের ক্ষেত্রেও একই বিষয় প্রযোজ্য।

সাধারণ সংজ্ঞা অনুসারে কোনো মৌলে অক্সিজেন যুক্ত হলেই মৌলটি জারিত হয়েছে বলে নিশ্চিত হওয়া যায়। কিন্তু ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুসারে কোনো মৌলে অক্সিজেন যুক্ত হলে যদি অক্সিজেনের জারণ সংখ্যা ঋণাত্মক হয় তবে অক্সিজেনের জারণ সংখ্যা যদি ধনাত্মক হয় তবে সেক্ষেত্রে মৌলটি বিজারিত হয়। যেমন OF_2 অণুতে অক্সিজেনের জারণ সংখ্যা + 2। এক্ষেত্রে F বিজারিত হয়েছে।

স্বতঃজারণ-বিজারণ : কোনো কোনো জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ায় একই পদার্থ আংশিকভাবে জারিত আবার আংশিকভাবে বিজারিত হয়। এ বিক্রিয়াকে স্বতঃজারণ বিজারণ বিক্রিয়া বলে। যেমন– পটাসিয়াম ক্লোরেটকে তাপীয় বিয়োজন করলে পটাসিয়াম ক্লোরাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে।



এ বিক্রিয়ায় $KClO_3$ থেকে KCl উৎপাদন বিজারণ ক্রিয়া। আর $KClO_3$ থেকে O_2 উৎপাদন একটি জারণ ক্রিয়া।

লেড নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করলে এটি বিয়োজিত হয়ে PbO, NO_2 ও O_2 উৎপন্ন করে।

এক্ষেত্রে $Pb(NO_3)_2$ থেকে NO_2 উৎপাদন একটি বিজারণ ক্রিয়া। আর O_2 এর উৎপাদন জারণ ক্রিয়া।

স্বতঃজারণ-বিজারণ : উচ্চ তাপমাত্রায় SO_2 স্বতঃজারণ-বিজারণ বিক্রিয়া ঘটায় এবং SO_3 ও S উৎপন্ন করে।

$$3\underset{+4}{S}O_2 \xrightleftharpoons{1200\ ^\circ C} 2\underset{+6}{S}O_3 + \underset{0}{S}$$

বদ্ধ কাচের বালবের মধ্যে SO_2 এর জলীয় দ্রবণকে 150 °C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে স্বতঃজারণ বিজারণ বিক্রিয়ার মাধ্যমে H_2SO_4 ও S উৎপন্ন করে।

$$\underset{+4}{3\underline{S}O_2} + 2H_2O \xrightarrow{150°C} \underset{+6}{2H_2\underline{S}O_4} + \underset{0}{S}$$

মনে রাখবে : α-হাইড্রোজেনবিহীন অ্যালডিহাইডকে 50% জলীয় অথবা অ্যালকোহলীয় কস্টিক সোডা বা কস্টিক পটাশের সাথে 70°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে স্বতঃজারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার মাধ্যমে এক অণু অ্যালডিহাইড জারিত হয়ে এসিডে এবং অপর অণু অ্যালডিহাইড বিজারিত হয়ে অ্যালকোহলে পরিণত হয়।

$$2H - CHO + NaOH \xrightarrow{70° \text{ সে.}} CH_3 - OH + H - COONa$$

$$2\,C_6H_5-CHO + NaOH \xrightarrow{70° \text{ সে.}} C_6H_5-CH_2OH + C_6H_5-COONa$$

এ স্বতঃজারণ-বিজারণ বিক্রিয়াটি ক্যানিজারো বিক্রিয়া নামে পরিচিত।

নিজে কর – ৩.১২ :
নিচের বিক্রিয়াগুলোকে জারণ-বিজারণ ক্রিয়ার মাধ্যমে ব্যাখ্যা কর।

১. $2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + O_2$
২. $2HgO \longrightarrow 2Hg + O_2$
৩. $2Zn(NO_3)_2 \longrightarrow 2ZnO + 4NO_2 + O_2$
৪. $Hg_2(NO_3)_2 \longrightarrow 2HgO + 2NO_2$
৫. $4\,Al(NO_3)_3 \longrightarrow 2Al_2O_3 + 12\,NO_2 + 3O_2$
৬. $3CuO + 2NH_3 \longrightarrow Cu + N_2 + 3H_2O$
৭. $Fe_3O_4 + CO \longrightarrow 3FeO + CO_2$।

৩.৯.৩ জারক পদার্থ ও বিজারক পদার্থ (Oxidising agent and reducing agent)

জারক পদার্থ : জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ায় যেসব মৌল, মূলক বা আয়ন ইলেকট্রন গ্রহণ করে নিজে বিজারিত হয় এবং অপর কোনো পদার্থকে জারিত করে তাকে জারক পদার্থ বলে। জারক পদার্থ ইলেকট্রন গ্রহীতা। জারক ইলেকট্রন গ্রহণের পর নিজে বিজারিত হয়। যে পদার্থের ইলেকট্রন গ্রহণের প্রবণতা যত বেশি, সে পদার্থ তত বেশি জারকধর্মী হয়। এ কারণে হ্যালোজেনের তড়িৎ ঋণাত্মকতা বৃদ্ধির সাথে সাথে জারণ ক্ষমতারও বৃদ্ধি ঘটে $F_2 > Cl_2 > Br_2$

জারকের উদাহরণ হিসেবে O_2, F_2, Cl_2, Br_2, $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$, $FeCl_3$, H_2O_2, HNO_3, H_2SO_4, O_3, MnO_2, PbO_2, $KClO_3$, $SnCl_4$ প্রভৃতি জারক পদার্থ।



বিশেষ কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ জারক পদার্থ : (ক) শক্তিশালী জারক $KMnO_4$ এর ক্ষেত্রে–

(i) এসিড মাধ্যমে : MnO_4^- (বেগুনি বর্ণ) + $8H^+ + 5e \rightarrow Mn^{2+}$ (বর্ণহীন) + $4H_2O$

MnO_4^- ইলেকট্রনকে গ্রহণ করে অপরকে জারিত করেছে এবং নিজে বিজারিত হয়েছে।

(ii) ক্ষারীয় মাধ্যমে : $MnO_4^- + e \rightarrow MnO_4^{2-}$

(iii) নিরপেক্ষ বা প্রশম মাধ্যমে : $MnO_4^- + 2H_2O + 3e \rightarrow MnO_2 + 4OH^-$

(খ) অপর শক্তিশালী জারক $K_2Cr_2O_7$ এর ক্ষেত্রে–

$K_2Cr_2O_7$ এসিডীয় মাধ্যমে শক্তিশালী জারক হিসেবে কাজ করে।

$Cr_2O_7^{2-}$ (কমলা বর্ণ) + $14H^+ + 6e \rightarrow 2Cr^{3+}$ (সবুজ বর্ণ) + $7H_2O$

(গ) নাইট্রিক এসিড (HNO_3) এর ক্ষেত্রে :

গাঢ় HNO_3 : $NO_3^- + 2H^+ + e \rightarrow NO_2 + H_2O$

লঘু HNO_3 : $NO_3^- + 4H^+ + 3e \rightarrow NO + 2H_2Ox$

জারণ ক্রিয়া ঘটিয়ে H_2O_2 উল, সিল্ক, পাখির পালককে বিরঞ্জিত করে, মানুষের মাথার কালো চুলকে সোনালি করে। এ কারণে বর্তমানে বিউটি পার্লারকে H_2O_2 কে ব্যাপকভাবে ব্যবহার করা হয়।

বিজারক পদার্থ : জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ায় যেসব মৌল, মূলক বা আয়ন ইলেকট্রন দান করে সেসব মৌল, মূলক বা আয়নকে বিজারক বলে। বিজারক পদার্থ হলো ইলেকট্রন দাতা। যে পদার্থের ইলেকট্রন দান করার প্রবণতা যত বেশি, সে পদার্থ তত বেশি বিজারকধর্মী হয়। পর্যায় তালিকায় গ্রুপ I এ অবস্থিত মৌলসমূহ যেমন Na, K, Rb, Cs এদের প্রত্যেকেরই ইলেকট্রন দান করার প্রবণতা বেশি, ফলে এরা সকলেই তীব্র বিজারক। বিজারকের উদাহরণ হিসেবে Na, K, Mg, Ca, Al, Fe, Zn, SO_2, H_2S, $(COOH)_2$, Hg_2Cl_2, CO, $SnCl_2$, H_2, HI প্রভৃতি বিজারক পদার্থ।

বিশেষ কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ বিজারক পদার্থ :

(ক) শক্তিশালী বিজারক H_2S এর ক্ষেত্রে : $S^{2-} \rightarrow S + 2e$

(খ) অক্সালিক এসিডের ক্ষেত্রে : $C_2O_4^{2-} \rightarrow 2CO_2 + 2e$

(গ) ফেরাস সালফেটের ক্ষেত্রে– এসিডীয় মাধ্যমে বিক্রিয়া করে : $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e.$

(ঘ) সালফার ডাইঅক্সাইড এর ক্ষেত্রে– SO_2 জলীয় দ্রবণে H_2SO_3 হিসেবে অবস্থান করে।

$SO_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_3$; $SO_3^{2-} + H_2O \rightarrow SO_4^{2-} + 2H^+ + 2e$

জারক ও বিজারক পদার্থ একই সাথে থেকে সমানসংখ্যক ইলেকট্রন গ্রহণ ও দান করে থাকে। তাই জারণ ও বিজারণ ক্রিয়া একই সাথে ঘটে থাকে।

মনে রাখবে, কিছু কিছু দ্রব আছে যারা জারক ও বিজারক উভয় হিসেবেই আচরণ করে। যেমন

(i) PbS (কালোবর্ণ) + $4H_2O_2$ (জারক) $\longrightarrow$ $PbSO_4$ (বর্ণহীন) + $4H_2O$

$Ag_2O + H_2O_2$ (বিজারক) $\longrightarrow$ $2Ag + H_2O + O_2$

(ii) $2H_2S + SO_2$ (জারক) $\longrightarrow$ $2H_2O + 3S$

$2HNO_3 + SO_2$ (বিজারক) $\longrightarrow$ $H_2SO_4 + 2NO_2$

মনে রাখবে : কোনো যৌগের অণুতে কেন্দ্রীয় পরমাণুর জারণ সংখ্যা যদি সর্বোচ্চ প্রদর্শিত হয় তবে ঐ যৌগটি আর বিজারক হিসেবে কাজ করবে না। যেমন, HNO_3, SO_3, $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$, H_3PO_4, H_2SO_4 এর কোনোটিই বিজারক হিসেবে কাজ করতে পারবে না। HNO_3 এসিডে, নাইট্রোজেন পরমাণুর জারণ সংখ্যা + 5। এ + 5 মান নাইট্রোজেনের সর্বোচ্চ জারণমান। কোনো রাসায়নিক বিক্রিয়া দ্বারা নাইট্রিক এসিডে, নাইট্রোজেনের এ জারণমান বৃদ্ধি করা সম্ভব নয়। তাহলে HNO_3 আর জারিত হতে পারে না। এ কারণে HNO_3 বিজারক হিসেবে কাজ করতে পারে না।

কোনো পদার্থে যদি প্রধান ক্রিয়াশীল মৌলটি সম্ভাব্য সবচেয়ে কম জারণ সংখ্যা সম্পন্ন হয় তবে পদার্থটি জারক হিসেবে কাজ করবে না। শুধুমাত্র বিজারক পদার্থ হিসবেই কাজ করতে পারবে। কারণ এক্ষেত্রে ক্রিয়াশীল মৌলটির জারণ সংখ্যা বৃদ্ধি পেতে পারে কিন্তু হ্রাস পেতে পারে না। যেমন HCl যৌগে Cl এর জারণ সংখ্যা – 1 এবং এটিই ক্লোরিনের সর্বনিম্ন জারণ সংখ্যা। এ কারণে ক্রিয়াশীল মৌল Cl এর সাপেক্ষে HCl শুধুমাত্র বিজারক হিসেবেই কাজ করতে পারে। কিন্তু জারক হিসেবে নয়।

একইভাবে H_2S শুধু বিজারক হিসেবে আচরণ করতে পারে কিন্তু জারক হিসেবে নয়।

মনে রাখবে :

বেশকিছু সাধারণ জারক পদার্থ থাকে, যাদের ক্ষেত্রে জারণের শেষে জারকের বিজারিত অবস্থার রূপ হয়–

জারক	জারণের শেষে বিজারিত অবস্থা
O_2	O^{2-}
F_2, Cl_2, Br_2, I_2	F^-, Cl^-, Br^-, I^-
H_2O_2	H_2O

বেশ কিছু সাধারণ বিজারক পদার্থ থাকে, যাদের ক্ষেত্রে বিজারণের শেষে বিজারকের জারিত অবস্থা রূপ হয়–

বিজারক	বিজারণের শেষে জারিত অবস্থা
H_2	H^+
I^-	I_2
H_2O_2	O_2

জারক	জারণের শেষে বিজারিত অবস্থা
H_2SO_4 (গাঢ়)	SO_2, H_2S, S
HNO_3 (গাঢ়)	NO_2, NO, N_2, NH_3
SO_3^{2-}	$S_2O_3^{2-}$, S, H_2S
NO_3^-	NO_2, NO, N_2, NH_3
MnO_4^- (এসিডিয়)	Mn^{2+}
MnO_4^- (ক্ষারীয়)	MnO_2
$Cr_2O_7^{2-}$ (এসিডিয়)	Cr^{3+}
CrO_3^{2-} (ক্ষারীয়)	$Cr(OH)_3$
ClO_3^-	Cl^-
BrO_3^-	Br^-

বিজারক	বিজারণের শেষে জারিত অবস্থা
S^{2-}	S
H_2S	S
SO_3^{2-}	SO_4^{2-}
NO_2^-	NO_3^-
NH_3	N_2
N_2H_4	N_2
Fe^{2+}	Fe^{3+}
Cr^{2+}	Cr^{3+}
Sn^{2+}	Sn^{4-}
C	CO, CO_2
Zn	Zn^{2+}
Al	Al^{3+}
Sn	Sn^{2+}
ক্ষার ধাতু, M	M^+
মৃৎক্ষার ধাতু M	M^{2+}

কারণ দর্শাও ৩.১৩ :
১। H_2S এর জারণ ধর্ম নেই কেন? ২। SO_3 এর বিজারণ ধর্ম নেই কেন? ৩। H_2SO_4 এর বিজারণ ধর্ম নেই কেন? ৪। একই হ্যালোজেন Cl এর জারণ ধর্ম ও বিজারণ ধর্ম থাকলেও F এর বিজারণ ধর্ম নেই কেন?

৩.৯.৪ জারণ ক্ষমতা (Oxidising Power)

জারণ ক্ষমতা (Oxidising power) : কোনো উপাদানের বা মৌলের জারণ ক্ষমতা বলতে ইলেকট্রন গ্রহণ করার ক্ষমতাকে প্রকাশ করে। যে মৌলগুলোর ইলেকট্রন আসক্তির মান বেশি, সে মৌলগুলো সহজেই ইলেকট্রন গ্রহণ করতে পারে এবং শক্তিশালী জারক হিসেবে কাজ করে। F, Cl, Br, I, O, N, S ইত্যাদি মৌলগুলোর জারণ ক্ষমতা অধিক। হ্যালোজেন মৌলগুলোর জারণ ক্ষমতা এ গ্রুপের উপর থেকে নিচের দিকে সাধারণভাবে কমতে থাকে। F_2 এর জারণ ক্ষমতা এতো অধিক যে, এটি পানিকে জারিত করে অক্সিজেনে পরিণত করে।

$$2H_2O + 2F_2 \longrightarrow 4HF + O_2$$

ফ্লোরিন Cl^-, Br^- ও I^- আয়নকে জারিত করে যথাক্রমে Cl_2, Br_2 ও I_2 উৎপন্ন করে।

$2KCl + F_2 \longrightarrow 2KF + Cl_2$; $\quad 2KI + F_2 \longrightarrow 2KF + I_2$

সাধারণভাবে, নিম্ন পারমাণবিক সংখ্যাবিশিষ্ট হ্যালোজেন উচ্চ পারমাণবিক সংখ্যাবিশিষ্ট হ্যালাইড আয়নকে জারিত করে। আবার ক্লোরিনের (Cl) ইলেকট্রন আসক্তির মান ফ্লোরিনের (F) তুলনায় অধিক হওয়া সত্ত্বেও ক্লোরিনের (Cl) জারণ ক্ষমতা ফ্লোরিনের থেকে কম। প্রকৃতপক্ষে কোনো মৌলের জারণ ক্ষমতা শুধুমাত্র মৌলটির ইলেকট্রন আসক্তির উপর নির্ভর করে না। এ মান মৌলের বিয়োজন তাপ, ইলেকট্রন আসক্তি ও হাইড্রেশন এনথালপির উপর নির্ভর করে। নিচে বর্ণ হেবার চক্রের মাধ্যমে দেখানো হলো যে, একটি মৌলের জারণ অথবা বিজারণ বিভব কোন কোন বিষয়ের উপর নির্ভর করে।

F_2 ও Cl_2 এর ক্ষেত্রে $\frac{1}{2}X_2(g) \rightarrow X^-(H_2O)_n$ এ রাসায়নিক পরিবর্তনের জন্য প্রয়োজনীয় শক্তির পরিমাণ নিচের ছকে গণনা করা হলো :

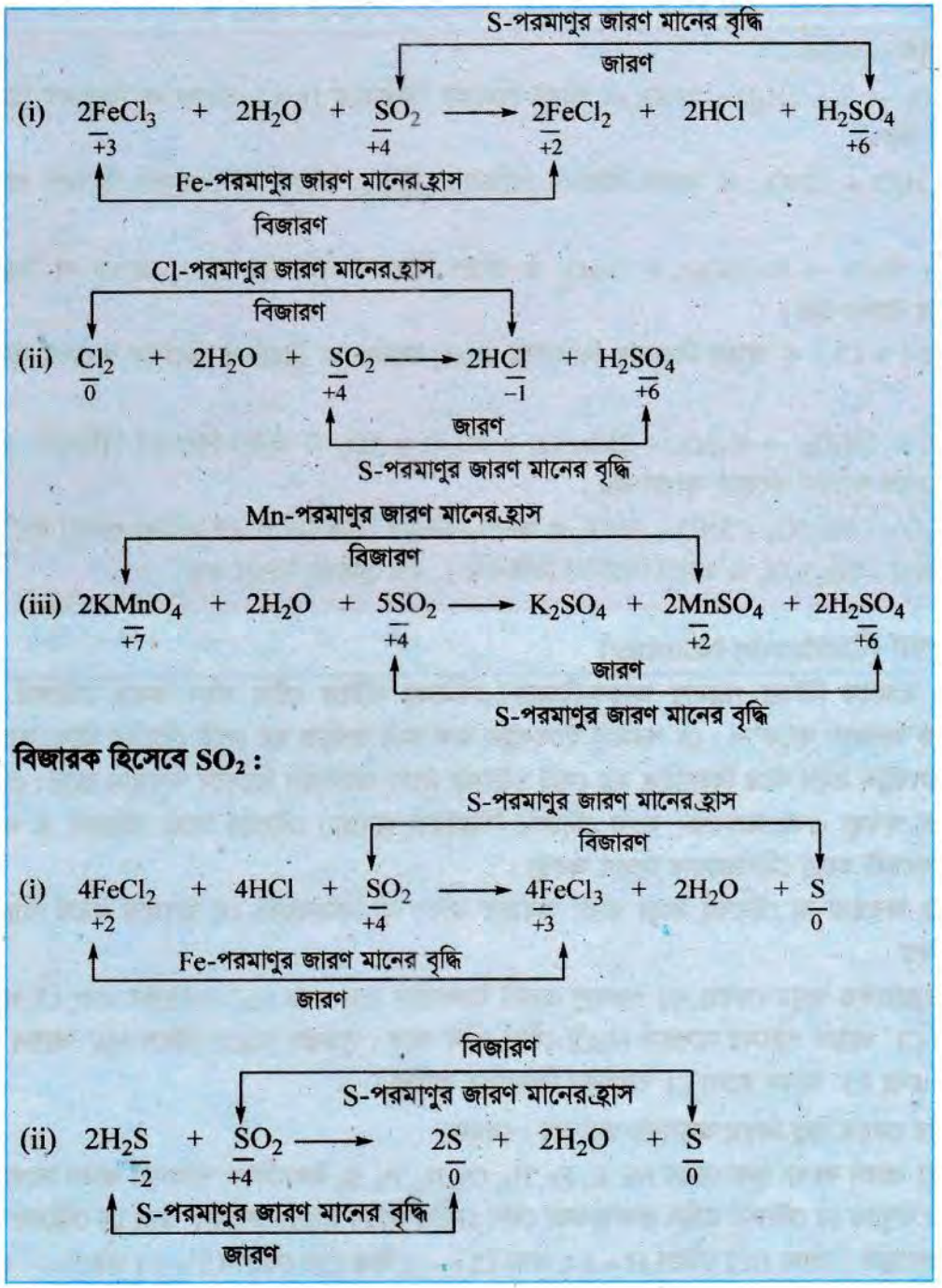
মৌল	$\frac{1}{2}$ বিয়োজন তাপ kJ mol^{-1}	ইলেকট্রন আসক্তি kJ mol^{-1}	হাইড্রেশন শক্তি kJ mol^{-1}	মোট শক্তি kJ mol^{-1}
F_2	79.5	– 333	– 515	– 768.5
Cl_2	121.5	– 348	– 381	– 607.5

ছকের মান থেকে দেখা যায়, Cl-এর ইলেকট্রন আসক্তি F থেকে বেশি হলেও F এর বন্ধন বিয়োজন শক্তি অনেক কম এবং হাইড্রেশন শক্তি অনেক বেশি ঋণাত্মক হওয়ায় মোট শক্তির পরিমাণ F এর ক্ষেত্রে অনেক বেশি ঋণাত্মক মান হয়। অর্থাৎ Cl_2 এর থেকে F_2 অতি সহজে বিজারিত হয়। এ কারণে Cl_2 এর চেয়ে F_2 এর জারণ ক্ষমতা বেশি।

একই পদার্থের জারক ও বিজারক হিসেবে আচরণ (Behaviour of a Substance both as an oxidant and Reductant) : যেসব মৌলের পরমাণুর একাধিক জারণ সংখ্যা থাকে, সে সব মৌল বা মৌলের যৌগ জারক ও বিজারক উভয় হিসেবে আচরণ করে। যেমন, SO_2, NO, H_2O_2, HNO_2, H_2SO_3 ইত্যাদি।

(1) SO_2 এর ক্ষেত্রে : S-পরমাণুর জারণ সংখ্যা + 6, + 4, 0 ও – 2। SO_2 যৌগে S-পরমাণুর জারণ সংখ্যা + 4 হওয়ার জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার সময় SO_2 যৌগের S পরমাণু ইলেকট্রন গ্রহণের মাধ্যমে জারণ মানের হ্রাস ঘটালে জারক হিসেবে আচরণ করবে। আর যদি SO_2 জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার সময় S পরমাণু ইলেকট্রন ত্যাগ করে জারণ মানের বৃদ্ধি ঘটায় (+4 থেকে +6) তখন বিজারক হিসেবে আচরণ করবে।

জারক হিসেবে SO_2 :



বিজারক হিসেবে SO_2 :

(2) NO এর ক্ষেত্রে : N পরমাণুর জারণ সংখ্যা + 5 থেকে – 3 পর্যন্ত হওয়ায় জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার সময় NO যৌগে N পরমাণু ইলেকট্রন গ্রহণের মাধ্যমে + 2 জারণ সংখ্যা থেকে জারণ সংখ্যা হ্রাস ঘটিয়ে নিম্ন জারণ সংখ্যায় নেমে আসে এবং জারক হিসেবে আচরণ করে। আর যদি NO জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার সময় N পরমাণু ইলেকট্রন ত্যাগ করে জারণ মানের বৃদ্ধি ঘটায় (+ 2 থেকে + 3, + 4, +5) তখন বিজারক হিসেবে আচরণ করবে।

জারক হিসেবে NO :

N-পরমাণুর জারণ মানের হ্রাস

বিজারণ

$\overset{0}{2Cu} + \overset{+2}{2NO} \longrightarrow \overset{+2}{2CuO} + \overset{0}{N_2}$

জারণ

Cu-পরমাণুর জারণ মানের হ্রাস

বিজারক হিসেবে NO :

N-পরমাণুর জারণ মানের বৃদ্ধি

জারণ

$\overset{0}{3I_2} + 4H_2O + \overset{+2}{2NO} \longrightarrow \overset{-1}{6HI} + \overset{+5}{2HNO_3}$

বিজারণ

I-পরমাণুর জারণ মানের হ্রাস

চিন্তা করে উত্তর দাও – ৩.১৪ :

১. $H_2S + 2HNO_2 \rightarrow S + 2H_2O + 2NO$; এ জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ায় HNO_2 জারক না বিজারক হিসেবে আচরণ করেছে ব্যাখ্যা কর।

২. $H_2O_2 + HNO_2 \rightarrow H_2O + HNO_3$; এ জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ায় HNO_2 জারক না বিজারক হিসেবে আচরণ করেছে ব্যাখ্যা কর।

৩. $2FeSO_4 + H_2SO_4 + H_2O_2 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O$; এ জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ায় H_2O_2 জারক না বিজারক হিসেবে আচরণ করেছে ব্যাখ্যা কর।

৪. $Cl_2 + H_2O_2 \rightarrow 2HCl + Cl_2$; এ জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ায় H_2O_2 জারক না বিজারক হিসেবে আচরণ করেছে ব্যাখ্যা কর।

৫. $2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2O_2 \rightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5O_2$ এ জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ায় H_2O_2 জারক না বিজারক হিসেবে আচরণ করেছে ব্যাখ্যা কর।

৬. $4P + 10\ HNO_3 + H_2O \rightarrow 4H_3PO_4 + 5NO + 5NO_2$ এ জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ায় P এর ভূমিকা ব্যাখ্যা কর।

৭. $2Na_2S_2O_3 + I_2 \rightarrow 2NaI + Na_2S_4O_6$ এ জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ায় I_2 এর ভূমিকা ব্যাখ্যা কর।

৩.৯.৫ জারণ সংখ্যা (Oxidation Number)

ইলেকট্রন গ্রহণ বা দানের মাধ্যমে বিভিন্ন পরমাণু জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া ঘটিয়ে যৌগ গঠন করায় যৌগের মধ্যে পরমাণুগুলো আধান নিরপেক্ষ অবস্থায় থাকে না। যে পরমাণু ইলেকট্রন দান করে জারিত হয় সেটি যৌগের মধ্যে ক্যাটায়ন হিসেবে এবং যে পরমাণু ইলেকট্রন গ্রহণ করে বিজারিত হয় সেটি যৌগের মধ্যে অ্যানায়ন হিসেবে অবস্থান করে। যৌগের মধ্যে ক্যাটায়ন হলো জারিত অবস্থা এবং অ্যানায়ন হলো মৌলের বিজারিত অবস্থা। যৌগের মধ্যে মৌলের এ ধরনের ক্যাটায়নিক ও অ্যানায়নিক অবস্থাই হলো মৌলগুলোর জারণ অবস্থা।

কোনো মৌলের পরমাণু মুক্ত অবস্থায় বা যৌগের মধ্যে থাকা অবস্থায় জারণ বা বিজারণের যে অবস্থায় থাকে তাকে ঐ পরমাণুর জারণ অবস্থা বলা হয়।

উদাহরণস্বরূপ : সোডিয়াম ক্লোরাইড অণুর ক্ষেত্রে Na পরমাণু একটি ইলেকট্রন দান করে Na^+ ক্যাটায়ন এবং Cl পরমাণু একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে Cl^- আয়ন গঠনের মাধ্যমে NaCl যৌগ গঠন করে। সুতরাং NaCl যৌগে Na^+ আয়ন হলো Na পরমাণুর জারিত অবস্থা এবং Cl^- আয়ন হলো Cl পরমাণুর বিজারিত অবস্থা।

মৌলের জারণ সংখ্যা নির্ণয়ের ক্ষেত্রে কিছু নিয়ম অনুসরণ করা হয়। যেমন

১. মৌলিক অবস্থায় পরমাণুর জারণ সংখ্যা শূন্য যেমন Na, K, Fe, H_2, O_2, N_2, P_4, S_8 ইত্যাদিতে পরমাণুর জারণ সংখ্যা 0।

২. সমযোজী যৌগের ক্ষেত্রে অণুতে যে মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতা বেশি সেটির জারণ সংখ্যা ঋণাত্মক এবং যে মৌলের তড়িৎ ধনাত্মকতা বেশি সেটি ধনাত্মক। যেমন HCl যৌগে H = + 1 এবং Cl = – 1 কিন্তু ClF যৌগে Cl = + 1 এর F = – 1।

৩. আয়নিক যৌগের ক্ষেত্রে এক পরমাণুক আয়নের জারণ সংখ্যা আয়নটির আধানের সমান হয়। যেমন NaCl যৌগে সোডিয়াম ও ক্লোরিন যথাক্রমে Na^+ ও Cl^- আয়ন হিসেবে থাকে। সুতরাং NaCl অণুতে এদের জারণ সংখ্যা যথাক্রমে +1 ও −1 হয়।

৪. বহু পরমাণুক আয়নে উপস্থিত সব পরমাণুর জারণ সংখ্যার সমষ্টি আয়নটির আধানের সমান হয়। যেমন $[Fe(CN)_6]^{3-}$ আয়নে উপস্থিত সব পরমাণুর জারণ সংখ্যার সমষ্টি −3। $Cr_2O_7^{2-}$ আয়নে উপস্থিত সব পরমাণুর জারণ সংখ্যার সমষ্টি −2।

৫. সমযোজী যৌগে উপস্থিত কোনো পরমাণু, পৃথক তড়িৎ ঋণাত্মকতাবিশিষ্ট অপর এক বা একাধিক পরমাণুর সাথে যত সংখ্যক ইলেকট্রন জোড় গঠন করে, সে সংখ্যাকেই প্রথমোক্ত পরমাণুটির জারণ সংখ্যার মান হিসেবে ধরা হয়।

৬. কোনো যৌগের অণুতে উপস্থিত পরমাণুগুলোর মোট জারণ সংখ্যার বীজগাণিতিক সমষ্টি শূন্য (0) হয়। জারণ অণু সব সময় আধান নিরপেক্ষ যেমন $CaCl_2$ অণুতে Ca ও Cl এর জারণ সংখ্যা যথাক্রমে +2 ও −1। সুতরাং $CaCl_2$ অণুর মধ্যে পরমাণুগুলোর মোট জারণ সংখ্যা $= +2 + 2 \times (-1) = +2 - 2 = 0$।

৭. ধাতব হাইড্রাইড যৌগে হাইড্রোজেনের জারণ সংখ্যা সবসময় −1 হয়। যেমন LiH, CaH_2, AlH_3 প্রভৃতি যৌগের মধ্যে H এর জারণ সংখ্যা −1। কিন্তু ধাতব হাইড্রাইড ভিন্ন বাকি সব হাইড্রোজেনঘটিত যৌগে হাইড্রোজেনের জারণ সংখ্যা +1 ধরা হয়। যেমন NH_3, CH_4, H_2O প্রভৃতি যৌগের মধ্যে H এর জারণ সংখ্যা +1।

৮. প্রায় সব অক্সিজেনঘটিত যৌগের মধ্যে অক্সিজেনের জারণ সংখ্যা −2।

ব্যতিক্রম : (i) পারঅক্সাইড যৌগের মধ্যে অক্সিজেনের জারণ সংখ্যা −1। যেমন H_2O_2, Na_2O_2, BaO_2 ইত্যাদি যৌগের মধ্যে অক্সিজেনের জারণ সংখ্যা −1।

(ii) সুপার অক্সাইড যৌগগুলোতে অক্সিজেনের জারণ সংখ্যা $-\frac{1}{2}$ হয়। যেমন KO_2, RbO_2। এ ধরনের অক্সাইডে $(O-O)^-$ আয়ন বর্তমান থাকে।

(iii) F_2O যৌগে অক্সিজেনের জারণ সংখ্যা +2। F_2O যৌগে F এর জারণ সংখ্যা −1।

৯. সব ফ্লোরিনঘটিত যৌগে ফ্লোরিনের জারণ সংখ্যা সব সময় −1 হয়। HF, NaF, KF, F_2O ইত্যাদি যৌগে F এর জারণ সংখ্যা −1।

১০. বেশ কিছু মৌল আছে যাদের জারণ সংখ্যা নির্দিষ্ট। অর্থাৎ যে কোনো যৌগের মধ্যে মৌলগুলোর জারণ সংখ্যা সবসময় স্থির থাকে। যেমন ক্ষার ধাতুর ক্ষেত্রে জারণ সংখ্যা +1। যেমন Li, Na, K, Rb, Cs এর জারণ সংখ্যা +1। মৃৎক্ষার ধাতুর ক্ষেত্রে জারণ সংখ্যা +2 হয়। যেমন Be, Mg, Ca, Sr, Ba এর জারণ সংখ্যা +2।

১১. কোনো মৌলের সর্বোচ্চ জারণ সংখ্যা পর্যায় সারণিতে ঐ মৌলের শ্রেণি সংখ্যা অপেক্ষা বড় হতে পারে না।

১২. যৌগমূলকে উপস্থিত পরমাণুগুলোর জারণ সংখ্যার বীজগাণিতিক যোগফল হলো ঐ মূলকের জারণ সংখ্যা। ভিন্নভাবে, কোনো যৌগমূলকের আধানই হলো ঐ যৌগমূলকের জারণ সংখ্যা।

১৩. পাশে উল্লেখিত আয়নগুলোর জারণ সংখ্যা তাদের যৌগে সর্বদা নির্দিষ্ট থাকে।

মূলক	আধান	জারণ সংখ্যা
NO_3^-	−1	−1
NO_2^-	−1	−1
OH^-	−1	−1
OCl^-	−1	−1
NO^+	+1	+1
CN^-	−1	−1
NH_4^+	+1	+1
SO_4^{2-}	−2	−2
PO_4^{3-}	−2	−3
PO_3^{3-}	−2	−3
SO_3^{2-}	−2	−2
HSO_4^-	−1	−1
HCO_3^-	−1	−1
ClO_3^-	−1	−1

মনে রাখবে :

১. MnO_2, CO_2, NO_2, SO_2 ইত্যাদি যৌগগুলো আপাতদৃষ্টিতে পারঅক্সাইড মনে হলেও এ যৌগগুলোতে কোনো পারক্সিল বন্ধন $(O^- - O^-)$ না থাকায় এ যৌগগুলো পারঅক্সাইড যৌগ নয়। এ যৌগগুলোর ক্ষেত্রে 'O' পরমাণুর জারণ সংখ্যা −2। এ যৌগগুলো মূলত সংশ্লিষ্ট মৌলের ডাইঅক্সাইড। যৌগগুলোর আণবিক গঠন O = Mn = O,
O = C = O, O = N → O, O = S = O

২. কোনো মৌলের সর্বোচ্চ জারণ সংখ্যা পর্যায় সারণিতে উক্ত মৌলের গ্রুপের সংখ্যা অপেক্ষা কখনই বড়ো হতে পারে না।

নির্ণয়ের পদ্ধতি : মনে করি $K_2Cr_2O_7$ এর মধ্যে Cr এর জারণ সংখ্যা x।
আমরা জানি, অনুস্থিত সব কয়টি পরমাণুর জারণ সংখ্যার যোগফল শূন্য হয়।

$\therefore K_2Cr_2O_7$
$+1\times2+(x\times2)+(-2)\times7=0, \quad +2+2x-14=0, \quad 2x-12=0, \quad \therefore 2x=+12, \quad \therefore x=+6$
$\therefore K_2Cr_2O_7$ এর মধ্যে Cr এর জারণ সংখ্যা 6

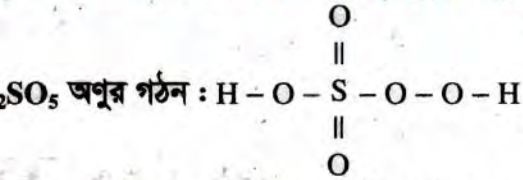
উদাহরণ ১ : $Na_2[Fe(CN)_5NO]$ যৌগে Fe এর জারণ সংখ্যা নির্ণয় কর।।

সমাধান : $Na_2[Fe(CN)_5NO]$ জটিল যৌগের মধ্যে NO, NO^+ অবস্থায় থাকে।
$Na_2[Fe(CN)_5NO]$
$2+x-5+1=0$
$\therefore x=+2$

উদাহরণ ২ : $[Fe(NO)(H_2O)_5]SO_4$ যৌগে Fe এর জারণ সংখ্যা নির্ণয় কর।
সমাধান : $[Fe(NO)(H_2O)_5]SO_4$ যৌগে NO, NO^+ অবস্থায় থাকে।
$[Fe(NO)(H_2O)_5]SO_4$
$x+1+0\times5-2=0$
$x=+1$
$[Fe(NO)(H_2O)_5]SO_4$ যৌগে Fe এর জারণ সংখ্যা + 1।

উদাহরণ ৩ : পারমনোসালফিউরিক এসিড (H_2SO_5) অণুতে S পরমাণুর প্রকৃত জারণ সংখ্যা নির্ণয় কর।

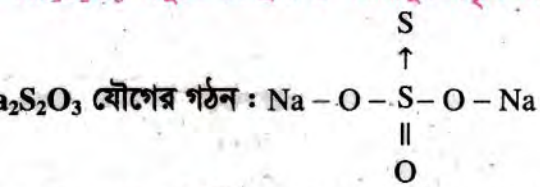
সমাধান : H_2SO_5 অণুর গঠন :



এখানে, – O – O – বন্ধনে যুক্ত O পরমাণু দুটির প্রত্যেকের জারণ সংখ্যা – 1 এবং মোট জারণ সংখ্যা $=-1\times2=-2$
অপর তিনটি O পরমাণুর মোট জারণ সংখ্যা $=-2\times3=-6$
অণুতে H পরমাণু দুটির মোট জারণ সংখ্যা $=+1\times2=+2$
মনে করি, H_2SO_5 অণুতে S পরমাণুর জারণ সংখ্যা = x
$\therefore +2+x+(-2)+(-6)=0$
বা, $x-6=0$
$\therefore x=+6$
সুতরাং H_2SO_5 অণুতে S এর জারণ সংখ্যা + 6।

উদাহরণ ৩ : $Na_2S_2O_3$ অণুতে কেন্দ্রীয় S পরমাণুর প্রকৃত জারণ সংখ্যা নির্ণয় কর।

সমাধান : $Na_2S_2O_3$ যৌগের গঠন :



মনে করি, $Na_2S_2O_3$ অণুর কেন্দ্রীয় S পরমাণুর প্রকৃত জারণ সংখ্যা x। আমরা জানি, দুটি পরমাণু সন্নিবেশ বন্ধনে আবদ্ধ থাকলে যে পরমাণুটি ইলেকট্রন জোড় গ্রহণ করে তার জারণ সংখ্যা – 2 হয়। সুতরাং S → S সন্নিবেশ বন্ধনে ইলেকট্রন জোড় গ্রহণকারী S পরমাণুর জারণ সংখ্যা – 2। দুটি Na পরমাণুর জারণ সংখ্যা $=+1\times2=+2$
তিনটি O পরমাণুর জারণ সংখ্যা $=-2\times3=-6$
$\therefore +1\times2+x+(-2)+(-6)=0$
বা, $+2+x-2-6=0 \qquad \therefore x=+6$
সুতরাং $Na_2S_2O_3$ অণুতে 2টি S পরমাণুর মধ্যে একটির জারণ সংখ্যা – 2 এবং অপরটির জারণ সংখ্যা + 6।

মনে রাখবে : বেশ কিছু যৌগ আছে যাদের অণুতে পরমাণুর জারণ সংখ্যা শূন্য (0) হয়। যেমন, গ্লুকোজ ($C_6H_{12}O_6$)। সুক্রোজ ($C_{12}H_{22}O_{11}$), মিথান্যাল (H – CHO), ডাইক্লোরোমিথেন (CH_2Cl_2), বেনজিন (C_6H_6), ইথানোয়িক এসিড ($CH_3 - COOH$) ইত্যাদি যৌগের অণুতে C এর জারণ সংখ্যা শূন্য (0) হয়।

যৌগের মধ্যে উপস্থিত কোনো মৌলের একাধিক পরমাণু থাকতে পারে এবং তাদের জারণ সংখ্যা বিভিন্ন হতে পারে। এক্ষেত্রে পরমাণুগুলোর জারণ মানের গড় নির্ণয় করে যৌগের মধ্যে ঐ পরমাণুর জারণ সংখ্যা প্রকাশ করা হয়।

উদাহরণস্বরূপ : প্রোপিন ($CH_3 - CH = CH_2$) অণুতে C পরমাণুর জারণ সংখ্যা নির্ণয় :

প্রোপিন অণুর গঠন : $\overset{1}{C}H_3 - \overset{2}{C}H = \overset{3}{C}H_2$

এখানে $\overset{1}{C} - \overset{2}{C}$ সমযোজী বন্ধনে ইলেকট্রন জোড় C-পরমাণু দুটি দ্বারা সমানভাবে ব্যবহৃত হয়। সুতরাং $\overset{1}{C} - \overset{2}{C}$ বন্ধনের জন্য $\overset{1}{C}$ ও $\overset{2}{C}$ এর জারণ সংখ্যা গণনার মধ্যে ধরা হয় না।

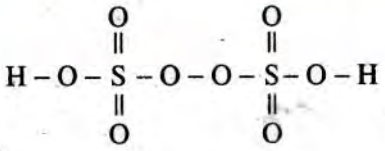
$\overset{2}{C} = \overset{3}{C}$ সমযোজী দ্বিবন্ধনে ইলেকট্রন জোড় দুটি C পরমাণু দুটি দ্বারা সমানভাবে ব্যবহৃত হয়। সুতরাং $\overset{2}{C} = \overset{3}{C}$ বন্ধনের জন্য $\overset{2}{C}$ ও $\overset{3}{C}$ এর জারণ সংখ্যা গণনার মধ্যে ধরা হয় না।

এখন হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা যুক্ত অনুসারে $\overset{1}{C}$, $\overset{2}{C}$ ও $\overset{3}{C}$ পরমাণুর জারণ সংখ্যা যথাক্রমে – 3, –1 ও – 2 হয়।

সুতরাং প্রোপিন অণুতে $\overset{1}{C}$, $\overset{2}{C}$ ও $\overset{3}{C}$ পরমাণু তিনটির গড় জারণ সংখ্যা $= \frac{-3 + (-1) + (-2)}{3} = -2$

অতএব প্রোপিন অণুর প্রতিটি C-পরমাণুর গড় জারণ সংখ্যা – 2। একইভাবে বিউটেন ($CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_3$) অণুতে C পরমাণুর গড় জারণ সংখ্যা – 2.5 হয় এবং টলুইন ($C_6H_5 - CH_3$) অণুতে C পরমাণুর গড় জারণ সংখ্যা $-\frac{8}{7}$ হয়।

$H_2S_2O_8$ অণুতে 2টি অক্সিজেন পরমাণু পারক্সি বন্ধন (– O – O –) দ্বারা পরস্পরের সাথে যুক্ত থাকে। যাদের জারণ সংখ্যা $-1 \times 2 = -2$। বাকি 6টি অক্সিজেন পরমাণুর জারণ সংখ্যা $-2 \times 6 = -12$;



$\therefore H_2S_2O_8 : +1 \times 2 + x \times 2 + (-2 - 12) = 0, \therefore 2x - 12 = 0, \therefore x = +6$।

CrO_5 অণুর ক্ষেত্রেও 4টি অক্সিজেন পরমাণু পারক্সাইড হিসেবে থাকে। বাকি মাত্র একটি অক্সিজেন পরমাণু অক্সাইড রূপে থাকে।

$\therefore CrO_5 : x + (-1) \times 4 + (-2) \times 1 = 0, \quad \therefore x - 4 - 2 = 0, \quad \therefore x = +6$।

যৌগের অণুস্থিত মৌলের জারণ সংখ্যা শূন্য হতে পারে। যেমন $C_6H_{12}O_6$, CH_2Cl_2, H – CHO প্রভৃতি যৌগের অণুতে কার্বন পরমাণুর জারণ সংখ্যার মান শূন্য। জারণ সংখ্যার বাস্তব অস্তিত্ব থাকতেও পারে আবার নাও থাকতে পারে। সমযোজী যৌগের ক্ষেত্রে অণুস্থিত পরমাণুর জারণ সংখ্যার কোনো বাস্তব অস্তিত্ব নেই। আবার মুক্ত অবস্থায় মৌলের জারণ সংখ্যা সবসময় শূন্য হয়। যেমন O_2 অণুতে O এর জারণ সংখ্যা = 0, N_2 অণুতে N এর জারণ সংখ্যা = 0।

F এর +1 জারণ অবস্থা হয় না। F পরমাণুর পারমাণবিক আকার খুব ছোট। এ কারণে সর্ববহিঃস্থ শক্তিস্তর অর্থাৎ ২য় শক্তিস্তরের ইলেকট্রনের ওপর নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ বল অস্বাভাবিকভাবে বেশি থাকার কারণে F পরমাণু কখনই ইলেকট্রনকে পরিত্যাগ করতে পারে না। F-এর ক্ষেত্রে F^- ভিন্ন অন্য কোনো জারণ অবস্থা সম্ভব নয়।

নিজে কর – ৩.১৫ :

যৌগে যে মৌলটির নিচে দাগ দেয়া আছে তার জারণ সংখ্যা নির্ণয় কর। $H_3\underline{P}O_4$, $K\underline{Cl}O_4$, $Na_2\underline{S}_4O_6$, $\underline{Fe}_2O_3$,

H – $\underline{C}$HO, $\underline{Fe}_3O_4$, CrO_5, $\underline{Fe}(CO)_5$, $Ca(O\underline{Cl})Cl$, $H_4\underline{P}_2O_7$, $K_4[\underline{Fe}(CN)_6]$, $\underline{C}H_2Cl_2$, $\underline{C}_6H_{12}O_6$, $\underline{O}F_2$, $H_2\underline{O}_2$, $\underline{C}_2H_4$, $[\underline{Fe}(H_2O)_5NO]SO_4$।

NaH_2PO_2, $Na_2S_2O_3$, CrO_5, $H_2S_2O_8$, P_4, H_3PO_2, $Ca(NO_3)_2$, C_2H_6, NaN_3, ClO_2

এবার $CH_3 - CO - \underline{CH_3}$ ও $CH_3 - COOCH - CH_3$ যৌগ দুটির ক্ষেত্রে কার্বন পরমাণুর জারণ সংখ্যা পৃথক পৃথকভাবে নির্ণয় কর।

মনে রাখবে : Cl, Br, I প্রতিটি মৌলের সর্বোচ্চ জারণ সংখ্যা + 7 এবং এবং সর্বনিম্ন জারণ সংখ্যা – 1। S এর সর্বোচ্চ জারণ সংখ্যা + 6 এবং সর্বনিম্ন জারণ সংখ্যা – 2, Mn এর সর্বোচ্চ জারণ সংখ্যা + 7 এবং সর্বনিম্ন জারণ সংখ্যা O। তাহলে এবার N, P, C, O, Na, Mg এ মৌলসমূহের সর্বোচ্চ জারণ সংখ্যা এবং সর্বনিম্ন জারণ সংখ্যা নির্ণয় কর।

অসামঞ্জস্য বিক্রিয়া (Disproportionation reaction) : কোনো জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ায় একই পদার্থ যদি একই সাথে জারিত ও বিজারিত হয়, তবে তাকে অসামঞ্জস্য বিক্রিয়া বলে। যেমন, শীতল ও লঘু কষ্টিক সোডার দ্রবণের মধ্যে ক্লোরিন (Cl_2) গ্যাস চালনা করলে NaCl ও NaOCl উৎপন্ন হয়। শ্বেত ফসফরাসকে কষ্টিক সোডা সহযোগে উত্তপ্ত করলে PH_3 ও NaH_2PO_2 উৎপন্ন হয়।

$$2NaOH_{\text{লঘু}} + \underset{0}{Cl_2} \xrightarrow{20\ ^\circ C} \underset{-1}{NaCl} + \underset{+1}{NaOCl} + H_2O, \quad 4P_{\text{শ্বেত}} + 3NaOH + 3H_2O \rightarrow \underset{-3}{PH_3} + 3NaH_2\underset{+1}{P}O_2$$

কস্টিক সোডার ঘনদ্রবণে 70°C তাপমাত্রায় Cl_2 গ্যাস চালনা করলে NaCl ও $NaClO_3$ উৎপন্ন হয়।

$$6NaOH\ (\text{ঘন}) + 3\underset{0}{Cl_2} \xrightarrow{70\ ^\circ C} 5\underset{-1}{NaCl} + \underset{+5}{NaClO_3} + 3H_2O$$

এক্ষেত্রে Cl_2 এর জারণ সংখ্যা শূন্য থেকে হ্রাস পেয়ে – 1 (বিজারিত) এবং বৃদ্ধি পেয়ে + 5 (জারিত) হয়েছে।

$$4H_3\underset{+3}{P}O_3 \rightarrow 3H_3\underset{+5}{P}O_4 + \underset{-3}{P}H_3$$

জারণ ক্রিয়া : $H_3PO_3 \rightarrow H_3PO_4$; P এর জারণ সংখ্যায় পরিবর্তন + 3 থেকে + 5 অর্থাৎ 2 একক।

বিজারণ ক্রিয়া : $H_3PO_3 \rightarrow PH_3$: P এর জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন + 3 থেকে – 3 অর্থাৎ 6 একক।

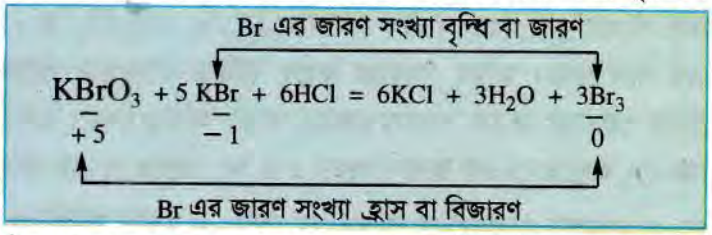
$$3K_2\underset{+6}{M}nO_4 + 2H_2O \xrightarrow{[H^+]} 2KM\underset{+7}{n}O_4 + M\underset{+2}{n}O_2 + 4KOH$$

$$4\underset{0}{P}_{\text{শ্বেত}} + 3NaOH(aq) + 3H_2O \xrightarrow{\Delta} \underset{-3}{P}H_3 + 3NaH_2\underset{+1}{P}O_2$$

$$4\underset{0}{P}_{\text{শ্বেত}} + 3KOH(aq) + 3H_2O \xrightarrow{\Delta} \underset{-3}{P}H_3 + 3KH_2\underset{+1}{P}O_2$$

সামঞ্জস্য বিক্রিয়া (Comproportionation reaction) : এটি অসামাঞ্জস্য বিক্রিয়ার ঠিক বিপরীত বিক্রিয়া। দুটি সম্পূর্ণ ভিন্ন বিক্রিয়কের মধ্যে এমন একটি সাধারণ মৌল থাকে যায় ভিন্ন জারণ সংখ্যা কিন্তু জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার শেষে এমন একটি পদার্থ উৎপন্ন হয় যার মধ্যে ওই মৌলটি একটি একই মধ্যবর্তী মানবিশিষ্ট জারণমান প্রাপ্ত হয়, তাকে সামঞ্জস্য বিক্রিয়া বলে।

উদাহরণস্বরূপ : HCl এর উপস্থিতিতে $KBrO_3$ ও KBr পরস্পরের সাথে বিক্রিয়া করে মূল উৎপাদ Br_2 উৎপন্ন করে।



মজার বিষয় হলো এক্ষেত্রে একই সাথে Br এর জারণ মানের হ্রাস ও বৃদ্ধি ঘটেছে। $KBrO_3$ যৌগ Br এর জারণ সংখ্যা + 5 এবং KBr যৌগে Br এর জারণ সংখ্যা – 1। উৎপন্ন Br_2 এর মধ্যে Br এর জারণ সংখ্যা শূন্য। যা কিনা + 5 ও – 1 এর মধ্যবর্তী অবস্থা।

নিজে কর – ৩.১৬ :

নিজের সামঞ্জস্য বিক্রিয়াগুলো পূর্ণ ব্যাখ্যা দাও :

(i) $SO_2 + 2H_2S \longrightarrow 2H_2O + 3S$

(ii) $Pb(s) + PbO_2 + 2H_2SO_4 \longrightarrow 2PbSO_4 + 2H_2O$

(iii) $KIO_3 + 5KI + 3H_2SO_4 \longrightarrow 3K_2SO_4 + 3H_2O + 3I_2$

চিন্তা করে উত্তর দাও – ৩.১৭ :

১. (i) $2FeCl_3(aq) + H_2S \rightarrow 2FeCl_2(aq) + 2HCl(aq) + S$; (ii) $2H_2S + SO_2 \rightarrow 2H_2O + 3S$

(iii) $Ca(OH)_2(aq) + Cl_2 \xrightarrow{40^\circ C} Ca(OCl)Cl + H_2O$; (iv) $3HNO_2(aq) \rightarrow HNO_3(aq) + 2NO(g) + H_2O$

এর মধ্যে কোন বিক্রিয়াটি অসামঞ্জস্য বিক্রিয়া এবং কেন?

২. FCl ও FCl_3 কোনো যৌগ গঠন করাই F এর পক্ষে সম্ভব নয় কেন?
৩. পরিবর্তনশীল জারণ অবস্থা নেই কোন হ্যালোজেনের?
৪. F অক্সিএসিড উৎপন্ন করতে পারে না কেন?
৫. Ca(OCl)Cl যৌগে দুটি Cl পরমাণুর জারণ সংখ্যা এক নয় কেন?

৩.৯.৬ জারণ সংখ্যার সাহায্যে রাসায়নিক সমীকরণের সমতাবিধান

রাসায়নিক সমীকরণের সমতাবিধান পদ্ধতি :

(i) বিক্রিয়ক ও উৎপাদের নির্ভুল সংকেত লিখে এদের মাঝখানে তীর চিহ্ন (→) বসিয়ে অসম্পূর্ণ সমীকরণ লেখা হয়।

(ii) সমীকরণে যেসব মৌলের জারণ সংখ্যার পরিবর্তন ঘটবে তাদের ক্ষেত্রে মৌলের প্রতীকের উপরে অথবা নিচে মৌলের জারণ সংখ্যা লেখা হয়।

(iii) জারণ-বিজারণ সমীকরণে বিজারক পদার্থের মৌলের জারণ সংখ্যার মোট বৃদ্ধি এবং জারক পদার্থের মৌলের জারণ সংখ্যার মোট হ্রাস সমান হতে হবে। এক্ষেত্রে জারণ সংখ্যার মোট হ্রাস-বৃদ্ধিকে সমতা করার জন্য জারক ও বিজারকের অণু সংখ্যার অনুপাত স্থির করতে হয়।

(iv) সমীকরণের পূর্ণ সমতার জন্য ক্ষেত্রবিশেষে যেসব পদার্থ জারণ-বিজারণে অংশগ্রহণ করে না তাদেরকেও উপযুক্ত সংখ্যা দ্বারা গুণ করতে হয়।

(v) ক্ষেত্রবিশেষে জারণ-বিজারণ বিক্রিয়াটি এসিডীয় মাধ্যম, ক্ষারীয় মাধ্যম, প্রশম মাধ্যমে বা পানির উপস্থিতিতে সংঘটিত হয়। এদেরকে সমীকরণে এনে তাদের সাপেক্ষে সমীকরণের পূর্ণ সমতা করা হয়।

উদাহরণস্বরূপ : (i) $P + NaOH + H_2O \rightarrow PH_3 + NaH_2PO_2$ এ সমীকরণটিকে জারণ সংখ্যার সাহায্যে সমতা বিধান :

$\overset{0}{P} + NaOH + H_2O \rightarrow \overset{-3}{P}H_3 + NaH_2\overset{+1}{P}O_2$

জারণ ক্রিয়া : $\overset{0}{P} \rightarrow NaH_2\overset{+1}{P}O_2$ এক্ষেত্রে P পরমাণুর জারণ সংখ্যার বৃদ্ধি 1 একক।

বিজারণ ক্রিয়া : $\overset{0}{P} \rightarrow \overset{-3}{P}H_3$ এক্ষেত্রে P পরমাণুর জারণ সংখ্যার হ্রাস 3 একক।

জারণ সংখ্যার হ্রাস বৃদ্ধির সমতার জন্য জারণ ও বিজারণের ক্ষেত্রে P পরমাণুর সংখ্যার অনুপাত 1 : 3

$\therefore 3P + P + NaOH + H_2O \rightarrow PH_3 + NaH_2PO_2$

উভয়দিকে পরমাণু সংখ্যার সমতা বিধান করে সঠিক পূর্ণ সমীকরণটি $4P + 3NaOH + 3H_2O \rightarrow PH_3 + 3NaH_2PO_2$

চিন্তা করে উত্তর দাও ৩.১৮ :
প্রতিটি বিক্রিয়াতে একই S পরমাণুর জারণ মানের হ্রাস ও বৃদ্ধি ঘটেছে কেন?

(i) $\overset{0}{S} + 6NaOH \xrightarrow{\text{তাপ}} 2Na_2\overset{-2}{S} + Na_2\overset{+2}{S_2}O_3 + 3H_2O$ (গাঢ়)

(ii) $\overset{0}{S} + K_2CO_3 \rightarrow 2K_2\overset{-1}{S_2} + K_2\overset{+2}{S_2}O_3 + 3CO_2$

(iii) $\overset{0}{S} + 2H_2\overset{+6}{S}O_4 \xrightarrow{\text{তাপ}} 3\overset{+4}{S}O_2 + 2H_2O$

(iv) $\overset{0}{S} + Na_2\overset{+4}{S}O_3 \xrightarrow{\text{তাপ}} Na_2\overset{+2}{S_2}O_3$

(ii) $KMnO_4 + FeSO_4 + H_2SO_4 \rightarrow H_2SO_4 + MnSO_4 + Fe_2(SO_4)_3^+$ এ সমীকরণের ক্ষেত্রে–

জারণ ক্রিয়া : $Fe\overset{+2}{S}O_4 \rightarrow Fe(\overset{+3}{S}O_4)_3$ এখানে Fe এর জারণ সংখ্যা বৃদ্ধি 1 একক।

বিজারণ ক্রিয়া : $KMn\overset{+7}{O}_4 \rightarrow Mn\overset{+2}{S}O_4$ এখানে Mn এর জারণ সংখ্যার হ্রাস 5 একক।

জারণ সংখ্যার হ্রাস-বৃদ্ধি সমান করার ক্ষেত্রে জারক ও বিজারক 1:5 এ আণবিক অনুপাতে বিক্রিয়া করবে। অর্থাৎ $KMnO_4$; $FeSO_4$ = 1:5।

কিন্তু এক্ষেত্রে উৎপাদ $Fe_2(SO_4)_3$ সংকেতে প্রতিটি অণুতে 2টি করে Fe পরমাণু বর্তমান। তাই অনুপাতটিকে কমপক্ষে দ্বিগুণ করতে হবে। অর্থাৎ $KMnO_4$; $FeSO_4$ = 2 : 10

$\therefore 2KMnO_4 + 10FeSO_4 + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 5Fe_2(SO_4)_3^+ + H_2O$

এখন সমীকরণের বামদিকে 11টি SO_4^{2-} মূলক আছে কিন্তু ডানদিকে 18টি SO_4^{2-} মূলক বর্তমান। তাই বামদিকে আরো অতিরিক্ত 7টি SO_4^{2-} মূলক বা 7 অণু H_2SO_4 যোগ করতে হবে। সবশেষে H ও O এর পরমাণুর সংখ্যা সমতা বিধানের জন্য ডান দিকে $8H_2O$ লিখলে সঠিক সম্পূর্ণ সমীকরণটি পাওয়া যাবে।

$2KMnO_4 + 10FeSO_4 + 8H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 5Fe_2(SO_4)_3 + 8H_2O$

নিজে কর – ৩.১৯ :

জারণ সংখ্যার সাহায্যে নিম্নের রাসায়নিক সমীকরণগুলোকে সমতা বিধান কর।

(i) $FeS_2 + O_2 \rightarrow Fe_2O_3 + SO_2$;
(ii) $P + CuSO_4 + H_2O \rightarrow Cu + H_3PO_4 + H_2SO_4$;
(iii) $S + HNO_3 \rightarrow H_2SO_4 + NO_2 + H_2O$;
(iv) $SO_2 + H_2S \rightarrow S + H_2O$;
(v) $Zn + NaOH + NaNO_3 \rightarrow Na_2ZnO_2 + H_2O + 2NH_3$;
(vi) $NaOH + Cl_2 \rightarrow NaCl + NaClO_3 + H_2O$;
(vii) $CuO + NH_3 \rightarrow Cu + N_2 + H_2O$;
(viii) $P + NaOH + H_2O \rightarrow PH_3 + NaH_2PO_2$;
(ix) $Fe_3O_4 + CO \rightarrow FeO + CO_2$
(x) $K_2Cr_2O_7 + KI + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + H_2O + I_2$;

মনে রাখবে :

১. সুনির্দিষ্ট নিয়মের উপর ভিত্তি করে যৌগ মধ্যস্থিত কোনো মৌলের পরমাণুতে যে চার্জ আরোপ করা হয়, সে মানই যৌগের অণুতে মৌলের জারণ সংখ্যা। এর বাস্তব অস্তিত্ব থাকতেও পারে। আবার নাও থাকতে পারে। সমযোজী যৌগের ক্ষেত্রে ইলেকট্রনের দান বা গ্রহণ ঘটে না বিধায় এ জাতীয় যৌগের পরমাণুর জারণ সংখ্যার কোনো বাস্তব অস্তিত্ব নেই।
অপরপক্ষে মৌলের যোজ্যতা প্রকাশ করে ঐ মৌলের সাথে অপর মৌলের যুক্ত হওয়ার ক্ষমতার পরিমাণগত সংখ্যা। সাধারণভাবে মৌলের একটি পরমাণু যত সংখ্যক H পরমাণুর সাথে যুক্ত হয় অথবা কোনো যৌগ থেকে যত সংখ্যক H-পরমাণুকে অপসারিত করে। সেই সংখ্যামানই ঐ মৌলের যোজ্যতা। মৌলের যোজ্যতার বাস্তব অস্তিত্ব বর্তমান।

২. মৌলের জারণ সংখ্যার মান ধনাত্মক, ঋণাত্মক, শূন্য এমন কি ভগ্নাংশ হতে পারে। যেমন CaO, Na_2O_2, O_2 এবং KO_2 যৌগের মধ্যে অক্সিজেনের জারণ সংখ্যা যথাক্রমে $-2, -1, 0$ এবং $-\frac{1}{2}$।
কিন্তু মৌলের যোজ্যতা সব সময় ধনাত্মকপূর্ণ সংখ্যা। যেমন– CaO যৌগে Ca এবং O উভয়ের যোজ্যতাই 2।

৩. মুক্ত অবস্থায় মৌলের জারণ সংখ্যা সবসময় শূন্য হয়। যেমন– Cl_2 অণুতে Cl এর জারণ সংখ্যা 0। মৌলের যোজ্যতা কখনোই শূন্য হতে পারে না। যেমন O_2 অণুতে O এর যোজ্যতা 2।

৪. একই মৌলের ক্ষেত্রে বিভিন্ন যৌগের মধ্যে জারণ সংখ্যা ভিন্ন ভিন্ন হয়। যেমন CH_4, CCl_4, $CHCl_3$, C_2H_2, C_2H_4, CH_2Cl যৌগের মধ্যে কার্বনের জারণ সংখ্যা যথাক্রমে $-4, +4, +2, -1, -2, 0$। কিন্তু প্রতিটি ক্ষেত্রে কার্বনের যোজ্যতা চার।

৩.১০ জারণ-বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া (Oxidation-Reduction Half-Reaction)

মূলত জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে পূর্ণ সমীকরণে দুটি অংশ থাকে। একটি বিজারক ও অপরটি জারক। বিজারক ইলেকট্রন দাতা আর জারক ইলেকট্রন গ্রহীতা। বিজারক কর্তৃক ইলেকট্রন ত্যাগের ফলে এ সংশ্লিষ্ট মৌলের পরমাণু বা আয়নটি জারিত হয়, একে জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া বলা হয়ে থাকে। বিপরীতভাবে জারক কর্তৃক ইলেকট্রন গ্রহণের ফলে এ সংশ্লিষ্ট মৌলের পরমাণু বা আয়নটি বিজারিত হয়। একে বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া বলা হয়ে থাকে।

অর্থাৎ জারণ-বিজারণ = (জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া + বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া)

উদাহরণ : সোডিয়াম ও ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় সোডিয়াম ক্লোরাইড উৎপাদনের ক্ষেত্রে সোডিয়াম পরমাণু ইলেকট্রন দান করে সোডিয়াম আয়ন (Na^+) এ পরিণত হয়েছে এটি জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া। আবার ক্লোরিন পরমাণু ইলেকট্রন গ্রহণ করে ক্লোরাইড আয়ন (Cl^-) এ পরিণত হয়েছে। এটি বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া।

$Na \longrightarrow Na^+ + e$ (জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া)

$Cl + e \longrightarrow Cl^-$ (বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া)

$Na + Cl \longrightarrow Na^+ Cl^-$ (জারণ-বিজারণ)

জারণ-বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া আয়ন-ইলেকট্রন পদ্ধতিতে সমতাকরণের নিয়ম :

১. প্রথমে সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়াটিকে পূর্ণ সমীকরণের মাধ্যমে প্রকাশ করা হয়।

২. সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ায় বিজারক ও জারক চিহ্নিত করা হয়।

৩. বিজারক ও জারক পদার্থের মৌলের প্রাথমিক জারণ সংখ্যা এবং ইলেকট্রন ত্যাগ ও গ্রহণের ফলে পরিবর্তিত জারণ সংখ্যা লিখতে হয়।

৪. পূর্ণ সমীকরণ হতে দর্শক আয়নকে বাদ দিয়ে জারণ-বিজারণ অর্ধ-সমীকরণ লেখা হয়।

৫. বিজারকের জারণ সংখ্যার পরিবর্তন অনুসারে সমীকরণের ডানদিকে প্রয়োজনীয় ইলেকট্রন সংখ্যা যোগ করে জারণ অর্ধ সমীকরণ লিখতে হয়।

৬. জারকের জারণ সংখ্যার পরিবর্তন অনুসারে সমীকরণের বামদিকে প্রয়োজনীয় ইলেকট্রন সংখ্যা যোগ করা হয়।

৭. জারকের অক্সিজেন পরমাণু দ্বারা পানির অণু গঠনের জন্য প্রয়োজনীয় সংখ্যক H^+ আয়ন বামদিকে যোগ করে বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া পূর্ণ করা হয়।

৮. জারণ অর্ধ-বিক্রিয়ায় উৎপন্ন কোনো উৎপাদ যৌগে অধিক অক্সিজেন পরমাণু থাকলে তা সমতা করার জন্য বিক্রিয়ক হিসেবে H_2O লিখতে হয়।

৯. মনে রাখা প্রয়োজন জারণ-বিজারণের সময় বিজারক কর্তৃক দানকৃত ইলেকট্রন সংখ্যা ও জারক কর্তৃক গৃহীত ইলেকট্রন সংখ্যা সব সময়ই অভিন্ন থাকবে। এজন্য জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া বা বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়াকে প্রয়োজনমতো 2, 3, 4, 5 ইত্যাদি সংখ্যা দ্বারা গুণ করার প্রয়োজন হতে পারে।

১০. জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া ও বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া যোগ করে জারণ-বিজারণ অর্ধ-সমীকরণ লেখা হয়। এ অর্ধ-সমীকরণের উভয়দিকে প্রয়োজনীয় সংখ্যক 'দর্শক আয়ন' বা জারণ-বিজারণ পূর্ণ সমীকরণে অপরিবর্তিত আয়নসমূহ যোগ করে আণবিক সমীকরণ লেখা হয়ে থাকে।

নিজে কর – ৩.২০ :
নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলোর কোন কোনটি জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া আর কোন কোনটি জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া নয় তা উল্লেখ কর এবং এর কারণ ব্যাখ্যা কর।

১. $Na_2SO_4 + Ba(NO_3)_2 \longrightarrow 2NaNO_3 + BaSO_4$
২. $2CuSO_4 + 4KI \longrightarrow Cu_2I_2 + 2K_2SO_4 + I_2$
৩. $NH_4NO_2 \longrightarrow 2H_2O + N_2$
৪. $CuSO_4 + 4NH_3 \rightarrow [Cu(NH_3)_4]\,SO_4$
৫. $2KI + Cl_2 \longrightarrow 2KCl + I_2$
৬. $6NaOH + 3Cl_2 \longrightarrow 5NaCl + NaClO_3 + 3H_2O$
৭. $2Na_2S_2O_3 + I_2 \longrightarrow 2NaI + Na_2S_4O_6$
৮. $2CuSO_4 + K_4[Fe(CN)_6] \longrightarrow Cu_2\,[Fe(CN)_6] + 2K_2SO_4$

$\overset{+2}{2CuSO_4} + \overset{-1}{4KI} \longrightarrow \overset{+1}{Cu_2I_2} + 2K_2SO_4 + \overset{0}{I_2}$ এ বিক্রিয়ায় $CuSO_4$ থেকে Cu_2I_2 এবং KI থেকে I_2 উৎপন্ন হয়েছে।

$CuSO_4 \longrightarrow Cu_2I_2$ এবং $KI \longrightarrow I_2$

এক্ষেত্রে Cu-এর জারণ সংখ্যা হ্রাস ঘটেছে $(+2 \longrightarrow +1)$ এবং আয়োডিনের জারণ সংখ্যা বৃদ্ধি পেয়েছে $(-1 \longrightarrow 0)$। কাজেই এ বিক্রিয়াটিতে $CuSO_4$ এর বিজারণ ও KI এর জারণ ঘটেছে। যেহেতু এ বিক্রিয়াটিতে জারণ-বিজারণ প্রক্রিয়া সংঘটিত হয়, তাই এটি জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া।

নিজে কর এর (১) নং বিক্রিয়ায় কোনো পরমাণুর জারণ সংখ্যার পরিবর্তন হয় নাই।

$\overset{+1\ -2}{Na_2SO_4} + \overset{+2\ -1}{Ba(NO_3)_2} \longrightarrow \overset{+1\ -1}{2NaNO_3} + \overset{+2\ -2}{BaSO_4}$

এ বিক্রিয়াতে জারণ-বিজারণ ঘটে নাই। তাই এটি জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া নয়।

$Fe_3O_4 + CO \longrightarrow 3FeO + CO_2$ এ বিক্রিয়াটিকে জারণ-বিজারণ ক্রিয়ার জারণ সংখ্যার মাধ্যমে ব্যাখ্যা।

$\overset{+2.67}{Fe_3O_4} + \overset{+2}{CO} \longrightarrow \overset{+2}{FeO} + \overset{+4}{CO_2}$

Fe_3O_4 অণুতে প্রতিটি Fe পরমাণুর জারণ সংখ্যা + 2.67. বিক্রিয়ার শেষে প্রতিটি Fe পরমাণুর জারণ সংখ্যা + 2.67 থেকে হ্রাস পেয়ে +2 হয়েছে। কাজেই প্রতি Fe পরমাণুর জারণ সংখ্যা হ্রাস $(+2.67 - 2) = + 0.67$ একক।

$\therefore$ 3 টি Fe পরমাণুর জন্য মোট জারণ সংখ্যা হ্রাস $3 \times (+ 0.67) = + 2$ একক।

অন্যদিকে C পরমাণুর জারণ সংখ্যা +2 থেকে বৃদ্ধি পেয়ে +4 হয়। ফলে কার্বনের জারণ সংখ্যা বৃদ্ধি $(+ 4 - 2) = + 2$ একক।

কিছু জারণ-বিজারণ অর্ধ বিক্রিয়ার উদাহরণ নিচে উল্লেখ করা যাক –

১. বিক্রিয়া : $Fe + Cu^{2+} \rightarrow Fe^{2+} + Cu$
জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e$
বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu$
জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া : $Fe + Cu^{2+} \rightarrow Fe^{2+} + Cu$

২. বিক্রিয়া : $2I^- + Cl_2 \rightarrow I_2 + 2Cl^-$
জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $2I^- \rightarrow I_2 + 2e$
বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $Cl_2 + 2e \rightarrow 2Cl^-$
জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া : $2I^- + Cl_2 \rightarrow I_2 + 2Cl^-$

৩. বিক্রিয়া : $MnO_4^- + 8H^+ + 5Fe^{2+} \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O + 5Fe^{3+}$
জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $5Fe^{2+} \longrightarrow 5Fe^{3+} + 5e$
বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $MnO_4^- + 8H^+ + 5e \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$
জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া : $MnO_4^- + 8H^+ + 5Fe^{2+} \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O + 5Fe^{3+}$

৪. বিক্রিয়া : $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6Fe^{2+} \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O + 6Fe^{3+}$
জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $6Fe^{2+} \longrightarrow 6Fe^{3+} + 6e$
বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$
জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া : $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6Fe^{2+} \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O + 6Fe^{3+}$

৫. বিক্রিয়া : $H_2O_2 + 2I^- \longrightarrow 2OH^- + I_2$
জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $2I^- \longrightarrow I_2 + 2e$
বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $H_2O_2 + 2e \longrightarrow 2OH^-$
জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া : $H_2O_2 + 2I^- \longrightarrow 2OH^- + I_2$

৬. বিক্রিয়া : $2S_2O_3^{2-} + I_2 \longrightarrow S_4O_6^{2-} + 2I^-$
জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $2S_2O_3^{2-} \longrightarrow 2S_2O_3^- + 2e \rightarrow S_4O_6^{2-} + 2e$
বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $I_2 + 2e \longrightarrow 2I^-$
জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া : $2S_2O_3^{2-} + I_2 \longrightarrow S_4O_6^{2-} + 2I^-$

৭. বিক্রিয়া : $2MnO_4^- + 5H_2O_2 + 6H^+ \longrightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O + 5O_2$
জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $H_2O_2 \longrightarrow 2H^+ + O_2 + 2e$
বা, $5H_2O_2 \longrightarrow 10H^+ + 5O_2 + 10e$
বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $MnO_4^- + 8H^+ + 5e \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$
বা, $2MnO_4^- + 16H^+ + 10e \longrightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O$
জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া : $2MnO_4^- + 6H^+ + 5H_2O_2 \longrightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O + 5O_2$

নিজে কর – ৩.২১ :
উল্লেখিত বিক্রিয়াগুলোকে জারণ-বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া আকারে প্রকাশ কর :

১. $Cr_2O_7^{2-} + 3H_2O_2 + 8H^+ \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O + 3O_2$
২. $2S_2O_3^{2-} + I_2 \longrightarrow S_4O_6^{2-} + 2I^-$
৩. $2Cu^{2+} + 2I^- \longrightarrow 2Cu^+ + I_2$
৪. $IO_3^- + 5I^- + 6H^+ \longrightarrow 3I_2 + 3H_2O$

৩.১০.১ জারণ-বিজারণ পূর্ণ সমীকরণ ও অর্ধ-বিক্রিয়া

নিচে কতিপয় জারণ-বিজারণ পূর্ণ বিক্রিয়াকে জারণ-বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া উল্লেখ করা হলো–

১. লঘু H_2SO_4 যুক্ত $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা $FeSO_4$ জারিত হয়। এ জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে–

বিক্রিয়া : $10FeSO_4 + 8H_2SO_4 + 2KMnO_4 \longrightarrow 5Fe_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O$.

উভয়পক্ষ থেকে দর্শক আয়নকে বাদ দিয়ে সমীকরণটিকে আয়নীয় আকারে লিখলে–

$10Fe^{2+} + 16H^+ + 2MnO_4^- \longrightarrow 10Fe^{3+} + 2Mn^{2+} + 8H_2O$.

বা, $5Fe^{2+} + 8H^+ + MnO_4^- \longrightarrow 5Fe^{3+} + Mn^{2+} + 4H_2O$.

জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $5Fe^{2+} \longrightarrow 5Fe^{3+} + 5e$..... (i)

বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $MnO_4^- + 8H^+ + 5e \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$ ..... (ii)

(i) নং ও (ii) নং সমীকরণকে যোগ করলে সমীকরণটি দাঁড়ায়–

$5Fe^{2+} + 8H^+ + MnO_4^- \longrightarrow 5Fe^{3+} + 4H_2O + Mn^{2+}$.

বা, $10Fe^{2+} + 16H^+ + 2MnO_4^- \longrightarrow 10Fe^{3+} + 8H_2O + 2Mn^{2+}$.

এটি আয়নীয় আকারে বিক্রিয়াটির সমতাযুক্ত সমীকরণ। সমীকরণটিকে আণবিক আকারে প্রকাশ করলে–

$10FeSO_4 + 8H_2SO_4 + 2KMnO_4 \longrightarrow 5Fe_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O$.

এ সমীকরণই আণবিক আকারে উল্লেখিত জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার সমতাযুক্ত সমীকরণ।

২. লঘু H_2SO_4 যুক্ত $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ দ্বারা $FeSO_4$ জারিত হয়। এ জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে–

বিক্রিয়া : $6FeSO_4 + 7H_2SO_4 + K_2Cr_2O_7 \longrightarrow 3Fe_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O$

উভয়পক্ষ থেকে দর্শক আয়নকে বাদ দিয়ে সমীকরণটিকে আয়নীয় আকারে লিখলে–

$6Fe^{2+} + 14H^+ + Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow 6Fe^{3+} + 2Cr^{3+} + 7H_2O$.

জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $6Fe^{2+} \longrightarrow 6Fe^{3+} + 6e$.

বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$.

জারণ-বিজারণ অর্ধ বিক্রিয়া : $6Fe^{2+} + 14H^+ + Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow 6Fe^{3+} + 7H_2O + 2Cr^{3+}$.

এটি আয়নীয় আকারে বিক্রিয়াটির সমতাযুক্ত সমীকরণ। সমীকরণটিকে আণবিক আকারে প্রকাশ করলে–

$6FeSO_4 + 7H_2SO_4 + K_2Cr_2O_7 \longrightarrow 3Fe_2(SO_4)_3 + 2MnSO_4 + 7H_2O$.

এ সমীকরণই আণবিক আকারে উল্লেখিত জারণ-বিজারণ বিক্রিয়াটির সমতাযুক্ত সমীকরণ।

৩. লঘু H_2SO_4 যুক্ত $KMnO_4$ দ্রবণে অক্সালিক এসিড ($H_2C_2O_4$) এর বিক্রিয়ায় জারণ-বিজারণ টাইট্রেশন।

বিক্রিয়া : $2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2C_2O_4 \longrightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 10\ CO_2$.

উভয়পক্ষ থেকে দর্শক আয়নকে বাদ দিয়ে সমীকরণটিকে আয়নীয় আকারে লিখলে–

$2MnO_4^- + 16H^+ + 5C_2O_4^{2-} \longrightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O + 10CO_2$

জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $C_2O_4^{2-} \longrightarrow 2CO_2 + 2e$ ..... (i)

বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $MnO_4^- + 8H^+ + 5e \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$ ..... (ii)

(i) নং সমীকরণকে 5 দ্বারা ও (ii) নং সমীকরণকে 2 দ্বারা গুণ করলে পাওয়া যায়,

$5\ C_2O_4^{2-} \longrightarrow 10CO_2 + 10e$ ..... (iii)

$2MnO_4^{2-} + 16H^+ + 10e \longrightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O$ ..... (iv)

(iii) নং ও (iv) নং সমীকরণকে যোগ করলে জারণ-বিজারণের সমীকরণটি দাঁড়ায়–

$2MnO_4^- + 16H^+ + 5C_2O_4^{2-} \longrightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O + 10CO_2$.

এটি আয়নীয় আকারে বিক্রিয়াটির সমতাযুক্ত সমীকরণ। এ সমীকরণের বাম ও ডান দিকে K^+ আয়ন ও SO_4^{2-} মূলকের সংখ্যা সমান করলে সমীকরণটি দাঁড়ায়–

$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2C_2O_4 \longrightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 10CO_2$.

এ সমীকরণই আণবিক আকারে উল্লেখিত জারণ-বিজারণ বিক্রিয়াটির সমতাযুক্ত সমীকরণ।

৪. লঘু H_2SO_4 যুক্ত $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণে অক্সালিক এসিডের বিক্রিয়ায় জারণ-বিজারণ টাইট্রেশন।

বিক্রিয়া : $K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 + 3H_2C_2O_4 \longrightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O + 6CO_2$

উভয়পক্ষ থেকে দর্শক আয়নকে বাদ দিয়ে সমীকরণটিকে আয়নীয় আকারে লিখলে–

$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 3C_2O_4^{2-} \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O + 6CO_2$

জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $3C_2O_4^{2-} \longrightarrow 6CO_2 + 6e$

বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$.

∴ জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া : $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 3C_2O_4^{2-} \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O + 6CO_2$

এটিই আয়নীয় আকারে বিক্রিয়াটির সমতাযুক্ত সমীকরণ। সমীকরণটির বাম ও ডান দিকে K^+ আয়ন ও SO_4^{2-} মূলকের সংখ্যা সমান করলে সমীকরণটি দাঁড়ায়–

$K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 + 3H_2C_2O_4 \longrightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O + 6CO_2$. এ সমীকরণই আণবিক আকারে উল্লেখিত জারণ-বিজারণ বিক্রিয়াটির সমতাযুক্ত সমীকরণ।

৫. লঘু H_2SO_4 যুক্ত $KMnO_4$ দ্রবণে H_2O_2 এর জারণ-বিজারণ টাইট্রেশন।

বিক্রিয়া : $2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2O_2 \longrightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5O_2$.

উভয়পক্ষ থেকে দর্শক আয়নকে বাদ দিয়ে সমীকরণটিকে আয়নীয় আকারে লিখলে–

$2MnO_4^- + 6H^+ + 5H_2O_2 \longrightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O + 5O_2$.

জারণ অর্ধ-সমীকরণ : $H_2O_2 \longrightarrow 2H^+ + O_2 + 2e$ ..... (i)

বিজারণ অর্ধ-সমীকরণ : $MnO_4^- + 8H^+ + 5e \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$ ..... (ii)

(i) নং সমীকরণকে 5 দ্বারা ও (ii) নং সমীকরণ 2 দ্বারা গুণ করলে পাওয়া যায়,

জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $5H_2O_2 \longrightarrow 10H^+ + 5O_2 + 10e$ ..... (iii)

বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $2MnO_4^- + 16H^+ + 10e \longrightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O$ ..... (iv)

(iii) নং ও (iv) নং সমীকরণকে যোগ করলে সমীকরণ দাঁড়ায়–

জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া : $2MnO_4^- + 6H^+ + 5H_2O_2 \longrightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O + 5O_2$

এটিই আয়নীয় আকারে বিক্রিয়াটির সমতাযুক্ত সমীকরণ। সমীকরণটির বাম ও ডান দিকে K^+ আয়ন ও SO_4^{2-} মূলকের সংখ্যা সমান করলে সমীকরণটি দাঁড়ায়–

$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2O_2 \longrightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5O_2$

এ সমীকরণই আণবিক আকারে উল্লেখিত জারণ-বিজারণ বিক্রিয়াটির সমতাযুক্ত সমীকরণ।

নিজে কর – ৩.২২ :

নিচের জারণ-বিজারণ বিক্রিয়াগুলো আয়ন ইলেকট্রন পদ্ধতিতে সমতা বিধান কর।

১. এসিডীয় $KMnO_4$ দ্রবণে $FeCl_2$ এর জারণ-বিজারণ টাইট্রেশন।
২. এসিডীয় $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণে H_2S এর জারণ-বিজারণ টাইট্রেশন।
৩. লঘু H_2SO_4 যুক্ত $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণে H_2O_2 এর জারণ-বিজারণ টাইট্রেশন।
৪. সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণে I_2 এর জারণ-বিজারণ টাইট্রেশন।
৫. NaOH এর উপস্থিতিতে Zn এর সাথে $NaNO_3$ এর বিক্রিয়া আয়ন-ইলেকট্রনীয় পদ্ধতিতে সমতা বিধান।
৬. লঘু H_2SO_4 যুক্ত $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণে KI এর জারণ-বিজারণ টাইট্রেশন।
৭. এসিডীয় KIO_3 ও KI এর জারণ-বিজারণ টাইট্রেশন।
৮. লঘু H_2SO_4 যুক্ত $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণে SO_2 এর জারণ-বিজারণ টাইট্রেশন।
৯. Cl_2 যুক্ত জলীয় দ্রবণে SO_2 গ্যাসের জারণ-বিজারণ টাইট্রেশন।
১০. এসিডীয় H_2O_2 দ্রবণে KI এর জারণ-বিজারণ টাইট্রেশন।
১১. লঘু H_2SO_4 যুক্ত $KMnO_4$ দ্রবণে KI এর জারণ-বিজারণ টাইট্রেশন।
১২. MnO_2 এর উপস্থিতিতে H_2O_2 কে উত্তপ্ত করলে।
১৩. MnO_2 ও HCl কে উত্তপ্ত করলে।

● জারণ-বিজারণ বিক্রিয়াভিত্তিক গাণিতিক সমস্যার সমাধান ●

উদাহরণ ১ : লঘু H_2SO_4 দ্রবণে এক টুকরা লোহা দ্রবীভূত করা হলো। এ দ্রবণটিকে সম্পূর্ণভাবে টাইট্রেট করতে 0.05 M $KMnO_4$ দ্রবণের 50 mL এর প্রয়োজন হলে লোহার টুকরার ওজন কত ছিল? (Fe = 55.85).

সমাধান : লঘু H_2SO_4 এ লোহা দ্রবীভূত হয়ে $FeSO_4$ উৎপন্ন করে।

$$Fe + H_2SO_4 \longrightarrow FeSO_4 + H_2.$$
$$55.85g \qquad 151.85g$$

উৎপন্ন $FeSO_4$ কে $KMnO_4$ জারিত করে।

$$10FeSO_4 + 8H_2SO_4 + 2KMnO_4 \longrightarrow 5Fe_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O$$

এ জারণ-বিজারণ টাইট্রেশনের সমীকরণ হতে লেখা যায়, 2 mol $KMnO_4 \equiv$ 10 mol $FeSO_4$.

$\therefore$ 1000 mL 2.0 M $KMnO_4$ দ্রবণ জারিত করে 10×151.85 g $FeSO_4$ কে

50 mL 0.05 M $KMnO_4$ দ্রবণ জারিত করে $= \dfrac{10 \times 151.85 \times 50 \times 0.05}{1000 \times 2} = 1.898125$ g $FeSO_4$ কে.

151.85 g $FeSO_4$ উৎপন্ন করতে প্রয়োজনীয় Fe = 55.85 g

1.898125 g $FeSO_4$ উৎপন্ন করতে প্রয়োজনীয় $Fe = \dfrac{55.85 \times 3.79625}{151.85} = 0.702753$ g

অতএব, লোহার টুকরার ভর 0.702753 g।

[জারণ-বিজারণের পূর্ণ সমীকরণের আলোকে কেউ কেউ হয়তো পরামর্শ দিবেন 2 mol $KMnO_4$ বা 1000 mL 2 M $KMnO_4$ দ্রবণ $\equiv$ 10 mol $FeSO_4 \equiv 10 \times 55.85$ g Fe. আধুনিককালে আয়তনমাত্রিক বিশ্লেষণে টাইট্রেশনের আন্তর্জাতিক রীতি অনুসরণ করে দ্রবণের সাথে দ্রবণকে সমতায় তুলনা করা হয় কিন্তু কঠিন উপাদানকে নয়। তাই এক্ষেত্রে সরাসরি Fe এর ভর না দেখিয়ে $FeSO_4$ এর ভরের সাপেক্ষে Fe এর ভর নির্ণয় করাই শ্রেয়।]

উদাহরণ ২ : 4.0 g ভরের এক টুকরা লোহাকে 250 mL লঘু H_2SO_4 দ্রবণে দ্রবীভূত করা হলো। এ দ্রবণের 25 mL কে টাইট্রেট করতে 20 mL 0.05 M $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণের প্রয়োজন হলে লোহার মধ্যে ভেজালের পরিমাণ নির্ণয় কর।

সমাধান : $Fe + H_2SO_4 \longrightarrow FeSO_4 + H_2.$

55.85 g $\qquad$ 151.85 g

$K_2Cr_2O_7 + 7H_2SO_4 + 6FeSO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O + 3Fe_2(SO_4)_3$ এ জারণ-বিজারণ টাইট্রেশন সমীকরণ হতে লেখা যায়– 1 mol $K_2Cr_2O_7 \equiv 6$ mol $FeSO_4$.

1000 mL 1 M $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ জারিত করে 6×151.85 g $FeSO_4$ কে

20 mL 0.05 M $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ জারিত করে $= \frac{6 \times 151.85 \times 20 \times 0.05}{1000} = 0.9111$ g $FeSO_4$ কে

∴ 25 mL $FeSO_4$ দ্রবণের মধ্যে $FeSO_4 = 0.9111$ g

তাহলে 250 mL $FeSO_4$ দ্রবণের মধ্যে $FeSO_4 = 9.111$ g

∴ 151.85 g $FeSO_4$ উৎপন্ন করতে প্রয়োজনীয় Fe = 55.85 g

9.111 g $FeSO_4$ উৎপন্ন করতে প্রয়োজনীয় $Fe = \frac{55.85 \times 9.111}{151.85} = 3.351$ g.

∴ নমুনাতে ভেজালের পরিমাণ = (4.0 – 3.351) g = 0.649 g.

উদাহরণ ৩ : 20 mL 0.05 M $KMnO_4$ দ্রবণের মধ্যে 2 mL 1.0 M H_2SO_4 যোগ করে নেওয়া হলো। এ দ্রবণ দ্বারা 15 mL আয়তনের H_2O_2 এর কোনো নমুনাকে জারিত করা যায়। H_2O_2 দ্রবণের মধ্যে H_2O_2 এর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।

সমাধান : এসিডীয় $KMnO_4$ দ্রবণে H_2O_2 এর জারণ-বিজারণ টাইট্রেশনের সমীকরণটি–

$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2O_2 \longrightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5O_2$

জারণ-বিজারণ টাইট্রেশনের এ সমীকরণ হতে লেখা যায়–

2 mol $KMnO_4 \equiv 5$ mol $H_2O_2 \equiv 5 \times 34$ g H_2O_2

∴ 1000 mL 2 M $KMnO_4$ দ্রবণ $\equiv 5 \times 34$ g H_2O_2

20 mL 0.05 M $KMnO_4$ দ্রবণ $\equiv \frac{5 \times 34 \times 20 \times 0.05}{1000 \times 2} = 0.085$ g H_2O_2

15 mL H_2O_2 দ্রবণের মধ্যে প্রকৃত H_2O_2 হলো 0.085 g

100 mL H_2O_2 দ্রবণের মধ্যে প্রকৃত H_2O_2 হলো $\frac{0.085 \times 100}{15} = 0.5667$ g

অতএব, দ্রবণে H_2O_2 এর পরিমাণ 0.5667% (W/V)।

উদাহরণ ৪ : 20 mL তুঁতের দ্রবণে অতিরিক্ত KI দ্রবণ যোগ করে বিমুক্ত আয়োডিনকে টাইট্রেট করতে 15 mL 0.25 M $Na_2S_2O_3$ দ্রবণের প্রয়োজন হলে উক্ত তুঁতের দ্রবণে Cu^{2+} আয়নের পরিমাণ নির্ণয় কর।

সমাধান : তুঁতের দ্রবণে KI এর জারণ-বিজারণ টাইট্রেশনের সমীকরণটি–

$2CuSO_4 + 4KI \longrightarrow Cu_2I_2 + 2K_2SO_4 + I_2$

বিমুক্ত I_2 কে $Na_2S_2O_3$ বিজারিত করে থাকে।

$2Na_2S_2O_3 + I_2 \longrightarrow 2NaI + Na_2S_4O_6$.

জারণ-বিজারণ টাইট্রেশনের এ সমীকরণ হতে দেখা যায়–

2 mol $CuSO_4 \equiv 1$ mol $I_2 \equiv 2$ mol $Na_2S_2O_3$.

∴ 1000 mL 2 M $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ $\equiv 2$ mol $CuSO_4 \equiv 2$ mol Cu^{2+} আয়ন

∴ 1000 mL 2 M $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ $\equiv 2 \times 63.546$ g Cu^{2+} আয়ন

∴ 15 mL 0.25 M $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ $\equiv \frac{2 \times 63.54\,6 \times 15 \times 0.25}{1000 \times 2} = 0.23829$ g Cu^{2+} আয়ন

অতএব, তুঁতের দ্রবণে Cu^{2+} আয়নের পরিমাণ 0.23829 g।

নিজে কর – ৩.২৩ :

১. 20 mL 0.03 M $KMnO_4$ দ্রবণে 2 mL 1.0 M H_2SO_4 যোগ করা হলো। এ দ্রবণ দ্বারা 15 mL আয়তনের নমুনা আয়রন (II) সালফেট দ্রবণকে সম্পূর্ণভাবে টাইট্রেট করা যায়। আয়রন (II) সালফেট দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা নির্ণয় কর। **উত্তর :** 0.2M।

২. এক টুকরা লোহাকে লঘু H_2SO_4 এ দ্রবীভূত করে প্রাপ্ত ফেরাস সালফেটকে সম্পূর্ণভাবে টাইট্রেট করতে 0.05 M $KMnO_4$ দ্রবণের 35 mL এর প্রয়োজন হয়। লোহার টুকরার ভর কত? **উত্তর :** 0.48868 g।

৩. 10 mL আয়রন (II) সালফেট দ্রবণকে সম্পূর্ণভাবে জারিত করতে লঘু H_2SO_4 যুক্ত 0.02M ঘনমাত্রার 10.2 mL $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণের প্রয়োজন হয়। আয়রন (II) সালফেট দ্রবণের মাত্রা এবং দ্রবণে আয়রনের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।
উত্তর : 0.1224 M, 0.683604% (W/V) ।

৪. 0.25 g অনার্দ্র ও বিশুদ্ধ ফেরাস সালফেটকে সম্পূর্ণভাবে জারিত করতে 0.02 M ঘনমাত্রার কত আয়তন এসিডীয় $K_2Cr_2O_7$ এর প্রয়োজন? **উত্তর :** 13.7176 mL।

৫. 1.5 g ভরের এক টুকরা লোহাকে 25 mL লঘু H_2SO_4 দ্রবণে দ্রবীভূত করা হলো। এ এসিডিয় দ্রবণকে সম্পূর্ণভাবে টাইট্রেট করতে 0.04 M 25 mL $KMnO_4$ দ্রবণের প্রয়োজন হয়। লোহার মধ্যে বিশুদ্ধতা শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।
উত্তর : 74.4666%।

৬. 3.5 g সবুজ ভিট্রিওলকে অম্লীয় মাধ্যমে জারিত করতে 10.5 mL 0.02M $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণের প্রয়োজন হয়। সরবরাহকৃত নমুনাতে প্রকৃত ফেরাস সালফেটের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। **উত্তর :** 5.4666%।

৭. 0.25 g অপরিশোধিত H_2O_2 নমুনাকে জারিত করতে এসিডীয় 0.02 M 10 mL $KMnO_4$ দ্রবণের প্রয়োজন হলে H_2O_2 এর বিশুদ্ধতার মান নির্ণয় কর। **উত্তর :** 6.8% (W/W)।

৮. 0.75 g অশোধিত আয়োডিনকে সম্পূর্ণভাবে বিজারিত করতে 20 mL 0.095 M $Na_2S_2O_3$ দ্রবণের প্রয়োজন হলে অশোধিত আয়োডিনের বিশুদ্ধতার মান শতকরা হিসাবে গণনা কর। **উত্তর :** 32.1733% (W/W)।

৯. 6.25 g ব্লু ভিট্রিওলকে পানিতে দ্রবীভূত করে 150 mL দ্রবণ প্রস্তুত করা হলো। এ দ্রবণের 10 mL নিয়ে অতিরিক্ত KI দ্রবণ যোগ করে বিমুক্ত I_2 কে টাইট্রেট করতে 9 mL 0.1 M $Na_2S_2O_3$ দ্রবণের প্রয়োজন হলে ব্লু ভিট্রিওলে অনার্দ্র কপার সালফেটের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। **উত্তর :** 34.452% (W/W)।

১০. 5 g ব্লিচিং পাউডারকে পানিতে দ্রবীভূত করে 500 mL দ্রবণ প্রস্তুত করা হলো। এ দ্রবণের 10 mL এ অতিরিক্ত KI দ্রবণ যোগ করে বিমুক্ত আয়োডিনকে টাইট্রেট করতে 15 mL 0.08 M $Na_2S_2O_3$ দ্রবণের প্রয়োজন হয়। ব্লিচিং পাউডারে সক্রিয় ক্লোরিনের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। **উত্তর :** 42.6% (W/W)।

১১. একটি কনিক্যাল ফ্লাস্কে 20 mL KI ও 10 mL KIO_3 দ্রবণ নিয়ে স্টার্চ নির্দেশকের সাহায্যে $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ দ্বারা টাইট্রেট করা হলো। টাইট্রেশনে 0.2 M ঘনমাত্রার 9.5 mL $Na_2S_2O_3$ দ্রবণের প্রয়োজন হলে KIO_3 দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা নির্ণয় কর।
উত্তর : 0.03167 M.

১২. 0.37 g নমুনা চুনাপাথরকে 10 mL অক্সালিক এসিডে দ্রবীভূত করে CaC_2O_4 এর সাদা অধঃক্ষেপ সৃষ্টি করা হলো। এ অধঃক্ষেপের মধ্যে প্রয়োজনের অতিরিক্ত H_2SO_4 যোগ করে CaC_2O_4 এর দ্রবণকে সম্পূর্ণভাবে জারিত করতে 15 mL 0.08 M $KMnO_4$ দ্রবণের প্রয়োজন হয়। তবে চুনাপাথরে বিশুদ্ধ $CaCO_3$ ও বিশুদ্ধ CaO এর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।
উত্তর : $CaCO_3$ 81.081% (W/W) ও CaO 45.4054% (W/W)।

১৩. 1.5 g NaCl এর অম্লীয় দ্রবণ থেকে ক্লোরিন বিমুক্ত করতে কত আয়তন 0.095 M $K_2Cr_2O_7$ এর দ্রবণের প্রয়োজন? এ প্রক্রিয়ায় কত গ্রাম ক্লোরিন উৎপন্ন হবে? **উত্তর :** 44.98 mL $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ, 0.91025 g Cl_2 গ্যাস।

১৪. 0.1 M ঘনমাত্রার 10 mL সোডিয়াম অক্সালেট দ্রবণকে সম্পূর্ণভাবে টাইট্রেট করতে 0.04 M ঘনমাত্রার $K_2Cr_2O_7$ এর কত আয়তনের প্রয়োজন? **উত্তর :** 8.333 mL।

১৫. 0.15 g বিশুদ্ধ লোহাকে লঘু HCl এ সম্পূর্ণভাবে দ্রবীভূত করে Fe (II) ক্লোরাইডের দ্রবণ প্রস্তুত করা হলো। এ দ্রবণের Fe^{2+} কে সম্পূর্ণভাবে জারিত করে Fe^{3+} এ পরিণত করতে 0.025 M $KMnO_4$ এর কত আয়তনের প্রয়োজন হিসাব কর? **উত্তর :** 21.4855 mL.

১৬. H_2O_2 এর একটি নমুনার 10 mL পরিমাণকে টাইট্রেট করতে সমআয়তনের 0.2 M $K_2Cr_2O_7$ এর প্রয়োজন হয়। ব্যবহৃত H_2O_2 এর মধ্যে প্রকৃত H_2O_2 এর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। **উত্তর :** 2.04% (w/v)।

১৭. 3.5 g গ্রিন ভিট্রিওলকে জারিত করতে 10.5 mL 0.02 M এসিডিয় $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণের প্রয়োজন। গ্রিন ভিট্রিওল নমুনাতে প্রকৃত ফেরাস সালফেটের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। **উত্তর :** 5.46657% (W/W)।

১৮. 0.25 g অনার্দ্র ও বিশুদ্ধ ফেরাস সালফেটকে সম্পূর্ণভাবে জারিত করতে 0.02 M ঘনমাত্রার কত আয়তন $K_2Cr_2O_7$ এর প্রয়োজন? **উত্তর :** 13.7196 mL।

১৯. 0.0894 g লোহাকে 25 mL H_2SO_4 দ্রবণের মধ্যে সম্পূর্ণভাবে দ্রবীভূত করা হলো। এ দ্রবণকে সম্পূর্ণভাবে টাইট্রেট করতে 0.01M $KMnO_4$ দ্রবণের কত আয়তনের প্রয়োজন? **উত্তর :** 32 mL।

২০. 250 mL দ্রবণে 1.4711 g $K_2Cr_2O_7$ কে দ্রবীভূত করে, এ দ্রবণের 20 mL কে এসিডিয় করে অতিরিক্ত KI দ্রবণ যোগ করে I_2 মুক্ত করা হলো। মুক্ত আয়োডিনকে টাইট্রেট করতে 20 mL $Na_2S_2O_3$ দ্রবণের প্রয়োজন হলে থায়োসালফেট দ্রবণের মাত্রা নির্ণয় কর। ($K_2Cr_2O_7$ = 294.22). **উত্তর :** মাত্রা 0.12 M।

২১. 20 mL 0.05 M $KMnO_4$ দ্রবণের মধ্যে 2 mL 1.0 M H_2SO_4 যোগ করে নেওয়া হলো। এ দ্রবণ দ্বারা 15 mL আয়তনের H_2O_2 এর কোনো নমুনাকে জারিত করা যায়। H_2O_2 দ্রবণের মধ্যে H_2O_2 এর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।
উত্তর : 0.5667% (W/V)।

৩.১১ নির্দেশক (Indicator)

টাইট্রেশন প্রক্রিয়া ল্যাবরেটরিতে অত্যন্ত একটি গুরুত্বপূর্ণ বিষয়। টাইট্রেশনকালে বিক্রিয়ার সমাপ্তি বিন্দু নির্ধারণের জন্য কনিক্যাল ফ্লাস্কের দ্রবণে এমন একটি জৈবযৌগ যোগ করা হয়, বিক্রিয়ার সমাপ্তি বিন্দুতে যার সুস্পষ্ট বর্ণ পরিবর্তন ঘটে। ব্যবহৃত এসব জৈবযৌগকে নির্দেশক বলা হয়ে থাকে। টাইট্রেশনে ব্যবহৃত উল্লেখযোগ্য নির্দেশক হলো মিথাইল অরেঞ্জ, লিটমাস, ফেনফথ্যালিন, মিথাইল রেড, থাইমলথ্যালিন ইত্যাদি। এসব জৈবযৌগ অম্লীয় মাধ্যমে এক ধরনের বর্ণ প্রদর্শন করে আবার ক্ষারীয় মাধ্যমে ভিন্ন ধরনের বর্ণ প্রদর্শন করে থাকে।

প্রকৃতপক্ষে নির্দেশক হলো দুর্বল জৈব এসিড বা দুর্বল জৈব ক্ষার। লিটমাস ও ফেনফথ্যালিন হলো দুর্বল জৈব এসিড এবং মিথাইল অরেঞ্জ, মিথাইল রেড দুর্বল জৈব ক্ষার। তাই সব নির্দেশক একই দ্রবণের একই pH মানে বর্ণ পরিবর্তন করে না।

প্রতিটি নির্দেশকের জন্য একটি pH সীমা আছে। দ্রবণের pH মান এ সীমা থেকে কম হলে নির্দেশক শুধুমাত্র অম্লীয় বর্ণ এবং দ্রবণের pH মান এ সীমা থেকে বেশি হলে নির্দেশক ক্ষারীয় বর্ণ দেখায়। প্রকৃতপক্ষে প্রতিটি নির্দেশকই সামান্য pH পরিসরে বর্ণ পরিবর্তন করে। তবে কোনো নির্দিষ্ট অম্ল–ক্ষারক যুগলের টাইট্রেশনের জন্য এমন একটি নির্দিষ্ট নির্দেশক নির্বাচন করা প্রয়োজন, যার বর্ণ পরিবর্তনের pH সীমার মধ্যে ঐ টাইট্রেশনের প্রশমন বিন্দুর pH অবস্থান করে। অর্থাৎ টাইট্রেশনের প্রশমন বিন্দুতে যে নির্দেশক হঠাৎ বর্ণ পরিবর্তন করতে পারে সেটিই ঐ টাইট্রেশনের জন্য উপযুক্ত নির্দেশক।

নির্দেশক নাম	বর্ণ পরিবর্তন		pH পরিসর
	এসিড দ্রবণে বর্ণ	ক্ষার দ্রবণে বর্ণ	
থাইমল ব্লু	লাল	হলুদ	1.2 – 2.8
মিথাইল অরেঞ্জ	গোলাপী লাল	হলুদ	3.1 – 4.4
মিথাইল রেড	লাল	হলুদ	4.2 – 6.3
লিটমাস দ্রবণ	লাল	নীল	5.5 – 7.5
ফেনল রেড	হলুদ	লাল	6.8 – 8. 4
ক্রিসল রেড	হলুদ	লাল	7.2 – 8. 8
ফেনফথ্যালিন	বর্ণহীন	গোলাপি	8.3 – 10.0

নিচের তালিকা অনুযায়ী এসিড ক্ষার টাইট্রেশনের ক্ষেত্রে নির্দেশক নির্বাচন করা হয়।

তীব্র এসিড বনাম তীব্র ক্ষার : যেকোনো নির্দেশক। **তীব্র এসিড বনাম মৃদু ক্ষার :** মিথাইল অরেঞ্জ বা মিথাইল রেড।

মৃদু এসিড বনাম তীব্র ক্ষার : ফেনফথ্যালিন। **মৃদু এসিড বনাম মৃদু ক্ষার :** কোনো উপযুক্ত নির্দেশক নেই।

কোনো পদার্থকে নির্দেশক হিসেবে ব্যবহার করার প্রধান শর্ত হচ্ছে–

১. নির্দেশকের বর্ণ যথেষ্ট স্থায়ী ও উজ্জ্বল হতে হবে।

২. অম্লীয় ও ক্ষারীয় মাধ্যমের বর্ণের মধ্যে যথেষ্ট পার্থক্য থাকতে হবে। এমনকি বিপরীত বর্ণের হলে সবচেয়ে ভালো হয়।

৩. নির্দেশকের বর্ণ হঠাৎ পরিবর্তিত হতে হবে। অর্থাৎ H^+ আয়নের যে ঘনমাত্রার মধ্যে নির্দেশকের বর্ণ পরিবর্তিত হয় তার পরিসর সামান্য হতে হবে।

৪. যে বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে নির্দেশক ব্যবহার করা হবে, তার টাইট্রেশনের সমাপনী বিন্দুতে নির্দেশকের বর্ণ অবশ্যই পরিবর্তিত হতে হবে।

বিক্রিয়ার সমাপ্তি বিন্দু নির্ণয়ে নির্দেশকের ভূমিকা খুবই গুরুত্বপূর্ণ। তোমরা ইতোমধ্যে জেনেছ নির্দেশকগুলো দুর্বল জৈব এসিড বা দুর্বল জৈব ক্ষার। অম্লীয় নির্দেশককে সাধারণত HA সংকেত এর মাধ্যমে প্রকাশ করা হয়। জলীয় দ্রবণে অম্লীয় নির্দেশক HA অণু বিয়োজিত হয়ে অনুবন্ধী ক্ষারক (A^-) উৎপন্ন করে। অবিয়োজিত অণু HA ও এর অনুবন্ধী ক্ষারক A^- আয়নের বর্ণ ভিন্ন হয়। যেমন– মিথাইল অরেঞ্জ এর ক্ষেত্রে HA এর বর্ণ পিংক এবং এর অনুবন্ধী ক্ষারক A^- আয়নের বর্ণ হলুদ হয়। (একইভাবে লিটমাসের বেলায় HA এর বর্ণ লাল এবং এর অনুবন্ধী ক্ষারক A^- আয়নের বর্ণ নীল হয়।)

$$\underset{\text{অম্ল (পিংক)}}{HA} + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + \underset{\text{অনুবন্ধী ক্ষার (হলুদ)}}{A^-} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(i)}$$

লা-শ্যাটেলিয়ারের নীতি অনুসারে (i) নং সমীকরণ অম্লীয় দ্রবণে উপরোক্ত নির্দেশকের আয়নীকরণ সমীকরণটির সাম্যের অবস্থান বাম দিকে। তখন নির্দেশকের প্রায় সবটাই অবিয়োজিত অণু HA হিসেবে থাকবে এবং দ্রবণের বর্ণ হবে পিংক বা লালচে গোলাপি।

আবার ক্ষারীয় দ্রবণে মিথাইল অরেঞ্জ যোগ করলে ঐ দ্রবণে H_3O^+ আয়নসমূহ OH^- আয়ন দ্বারা প্রশমিত হয়ে পানি অণু হওয়ার ($H_3O^+ + OH^- \rightarrow 2H_2O$) কারণে সাম্যের অবস্থান ডান দিকে সরে যাবে। তখন HA অণুসমূহ OH^- আয়নের সাথে বিক্রিয়া করে A^- আয়নের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি করবে এবং দ্রবণের বর্ণটি অনুবন্ধী ক্ষারক (A^-) এর বর্ণ হালকা হলুদ হবে। অর্থাৎ ক্ষারীয় মাধ্যমে মিথাইল অরেঞ্জ এর বর্ণ হালকা হলুদ হয়ে থাকে।

$HA + OH^- \rightleftharpoons H_2O + A^-$ (হালকা হলুদ)

এভাবে নির্দেশক টাইট্রেশনের ক্ষেত্রে বিক্রিয়ার সমাপ্তি বিন্দু নির্ণয়ে ভূমিকা রাখে।

৩.১২ শিক্ষার্থীর কাজ : রঙিন উদ্ভিদ ব্যবহার করে এসিড-ক্ষার বিক্রিয়ার প্রশমন বিন্দু নির্ণয়

মূলনীতি : এসিড-ক্ষার টাইট্রেশনের ক্ষেত্রে বিক্রিয়ার প্রশমন বিন্দু নির্ণয়ের ক্ষেত্রে নির্দেশক অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রাখে। এ নির্দেশকের বর্ণ পরিবর্তনের মাধ্যমে তোমরা জানতে পার কখন বিক্রিয়াটি পূর্ণ প্রশমিত হয়েছে। সাধারণভাবে তোমরা টাইট্রেশনের ক্ষেত্রে মিথাইল অরেঞ্জ বা ফেনফথ্যালিন ব্যবহার করে থাকবে। এসব নির্দেশক বাজার থেকে কিনে আনার প্রয়োজন পড়ে। আবার নির্দেশকের দ্রবণ প্রস্তুত করাও বেশ জটিল ও কর্মদক্ষ লোকের প্রয়োজন। রঙিন উদ্ভিদ বা উদ্ভিদের ফুলের পাপড়ি থেকে তোমরা নিজেরাই একটি সুন্দর নির্দেশক প্রস্তুত করে নিতে পার।

লাল বর্ণের জবা ফুল, পাকা কালোজাম, পাকা পুঁইফল, পাকা করমচা, বিট, কালো আঙুর, কাঁচা হলুদ, লাল বর্ণের বাঁধাকপি, চা পাতা থেকে সংগৃহীত নির্যাসের মধ্যে বিভিন্ন পিগমেন্ট থাকায় এরা উত্তম প্রাকৃতিক নির্দেশক। জবা ফুলের লাল পাপড়ি থেকে সংগৃহীত নির্যাসের মধ্যে বিদ্যমান এনথোসায়ানিন (Anthocyanin) এর উপস্থিতির কারণে এটি এসিড ক্ষার মাধ্যমে বর্ণ পরিবর্তন করতে সক্ষম। ক্ষার মাধ্যমে এটি হলুদ বর্ণ প্রদর্শন করলেও এসিড মাধ্যমে গোলাপী বর্ণ ধারণ করে। প্রশমন বিন্দুতে খুবই হালকা সবুজ বর্ণ ধারণ করে।





চিত্র ৩.১১ : প্রাকৃতিক নির্দেশক ব্যবহার করে প্রমাণ Na_2CO_3 দ্রবণ দ্বারা HCl দ্রবণ টাইট্রেশন

নির্দেশক প্রস্তুতি :

১. তিন থেকে চারটি লাল জবা বা রঙিন গোলাপ ফুলের পাপড়ি সংগ্রহ কর।
২. ফুলের পাপড়িগুলোকে মর্টারে নিয়ে পেষণ দণ্ডের সাহায্যে ভালোভাবে পেষণ কর।
৩. উৎপন্ন পেস্ট বা কাইকে বিকারে নিয়ে এর মধ্যে 100 mL পানি যোগ করে গ্লাসরড দিয়ে প্রায় 10 মিনিট নাড়তে থাক।

৪. ফুলের পাপড়ির রং পানিতে ভালোমতো দ্রবীভূত না হলে দ্রবণের মধ্যে 10 mL ইথানল অথবা এর পরিবর্তে একই পরিমাণ অ্যাসিটোন যোগ করতে পার।

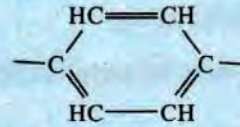
৫. ফিল্টার পেপারের সাহায্যে দ্রবণকে ছেঁকে নাও। পরিশ্রুত রঙিন তরলকে তোমরা এখন নির্দেশক হিসেবে ব্যবহার করবে।

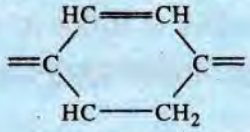
৬. দ্রবণ বেশি গাঢ় বর্ণের হলে দ্রবণের মধ্যে প্রয়োজনীয় পানি অথবা ইথানল বা অ্যাসিটোন যোগ করে দ্রবণের বর্ণকে হালকা করে নাও। তোমাদের তৈরি নির্দেশকটি এসিড মাধ্যমে নিশ্চয়ই গোলাপী বর্ণ এবং ক্ষার মাধ্যমে হলুদ বর্ণ প্রদর্শন করবে।

৭. এবার প্রস্তুতকৃত নির্দেশক ব্যবহার করে একটি এসিড ক্ষার টাইট্রেশন প্রক্রিয়া সম্পন্ন করবে।

জেনে রাখো : নির্দেশক হিসেবে পাকা কালোজাম নেয়া যায়। পাকা কালোজাম কাচ পাত্রে নিয়ে জামের রসালো অংশ রেখে বীজ আলাদা কর। এবার রসালো অংশ চেপে রস সংগ্রহ কর। এটি নির্দেশক হিসেবে কাজ করবে। এসিডীয় মাধ্যমে এটি লাল বর্ণ কিন্তু ক্ষারীয় মাধ্যমে সবুজ বর্ণ ধারণ করবে। পুঁইশাকের পাকা ফল, পাকা করমচা, বিট, কালো আঙুর, লাল বাঁধাকপি, কাচা হলুদ, চা পাতা এসব উপাদান থেকেও নির্দেশক তৈরি করতে পারবে।

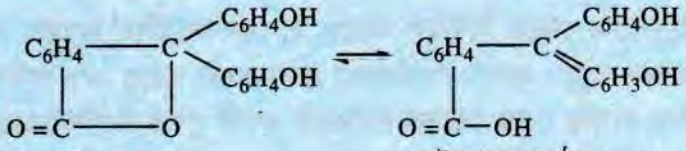
মনে রাখবে : এসিড ও ক্ষার মাধ্যমে নির্দেশক টটোমারিক রূপে থাকায় এসিড ক্ষার প্রশমন বিন্দু সঠিকভাবে নির্ধারণ করা সম্ভব হয়। এসিড ক্ষার নির্দেশক জৈব অ্যারোমেটিক জাতক হওয়ায় এসিড মাধ্যমে এরা বেনজিনয়েড (benzenoid) এবং ক্ষার মাধ্যমে কুইনোনয়েড (quinonoid) হিসেবে কাজ করে। কুইনোনয়েড অবস্থায় বর্ণ ও বেনজিনয়েড অবস্থায় বর্ণ সম্পূর্ণ ভিন্ন হয়। ফেনলপথ্যালিন একটি মৃদু এসিড ধর্মী নির্দেশক। একে HPh ভাবে প্রকাশ করা যাক। এটি জলীয় দ্রবণে খুবই সামান্য বিয়োজিত হয় এবং এরা অবিয়োজিত ও বিয়োজিত উভয় অবস্থাই বর্ণহীন।


বেনজিনয়েড (এসিড মাধ্যমে)


কুইনোনয়েড (ক্ষার মাধ্যমে)

$HPh + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + Ph^-$ (বর্ণহীন)

ফেনলপথ্যালিন এসিডধর্মী হওয়ায় এসিডিয় মাধ্যমে এর বিয়োজন মাত্রা প্রায় শূন্য। এজন্য এসিডিয় মাধ্যমে নির্দেশকসহ দ্রবণের বর্ণ বর্ণহীন থাকে। এ দ্রবণে সামান্য Ph^- আয়নের উপস্থিতি থাকলেও তা বেনজিনয়েড হিসেবে দ্রবণে থাকার কারণে দ্রবণ বর্ণহীন হয়। টাইট্রেশনের প্রশমন বিন্দুতে যখন দ্রবণ মৃদু ক্ষারীয় হয় তখন HPh এর বিয়োজন মাত্রা অস্বাভাবিক হারে বেড়ে যায়। এ অবস্থায় Ph^- তথা HPh ভিন্ন টটোমারিক অবস্থা কুইনোনয়েড গঠন করে। কুইনোনয়েড গঠনটি বর্ণযুক্ত এবং পিংক বা গোলাপী বর্ণ যুক্ত হয়।


বেনজিনয়েড গঠন (বর্ণহীন) ⇌ কুইনোনয়েড গঠন (গোলাপী বা পিংক)

৩.১৩ শিক্ষার্থীর কাজ : টাইট্রেশনের মাধ্যমে অজানা দ্রবণে এসিডের পরিমাণ নির্ণয়

শিক্ষার্থী বন্ধুরা এবার তোমরা ল্যাবরেটরিতে গিয়ে নিজেরা যে প্রমাণ Na_2CO_3 দ্রবণ প্রস্তুত করেছিলে (৩.৫ ব্যবহারিকে) সে সংরক্ষিত দ্রবণের সাহায্যে পূর্বে প্রস্তুতকৃত (৩.৫ ব্যবহারিকে) HCl দ্রবণকে টাইট্রেট করে এসিড দ্রবণের সঠিক মাত্রা নির্ণয় করবে। এরপর তোমরা প্রতি লিটার দ্রবণে দ্রবীভূত HCl এর পরিমাণ নির্ণয় করবে।

এখানে তোমাদের প্রস্তুতকৃত Na_2CO_3 দ্রবণ প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ। আর যে HCl দ্রবণ প্রস্তুত করেছ সেটি সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ। এ কারণেই প্রমাণ Na_2CO_3 দ্রবণের সাহায্যে HCl দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা নির্ণয় করবে এবং এ ঘনমাত্রার সাপেক্ষে দ্রবণে দ্রবীভূত HCl এসিডের পরিমাণ নির্ণয় করবে।

মূলনীতি : প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ Na_2CO_3 এর নির্দিষ্ট আয়তনের প্রমাণ দ্রবণের সাহায্যে সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ HCl এসিডের প্রয়োজনীয় নির্দিষ্ট আয়তনকে টাইট্রেশন করে এসিড দ্রবণের প্রকৃত ঘনমাত্রা নির্ণয় করা হয়। এক্ষেত্রে নির্দেশক হিসেবে প্রস্তুতকৃত নির্দেশক ব্যবহার করা হয়।

Na_2CO_3 একটি দ্বি-এসিডীয় ক্ষার এবং HCl একটি এক-ক্ষারকীয় এসিড। Na_2CO_3 ও HCl এর টাইট্রেশনে সংঘটিত রাসায়নিক বিক্রিয়াটি– $Na_2CO_3(aq) + 2HCl(aq) \rightarrow 2NaCl(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$

টাইট্রেশনের মূলতত্ত্ব হতে লেখা যায় $\frac{V_A \times M_A}{n_A} = \frac{V_B \times M_B}{n_B}$

এখানে V_A = HCl দ্রবণের আয়তন, M_A = HCl দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা, n_A = প্রশমন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী এসিডের মোল সংখ্যা = 2; V_B = Na_2CO_3 দ্রবণের আয়তন, M_B = Na_2CO_3 দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা, n_B = প্রশমন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী ক্ষারের মোল সংখ্যা = 1

$\therefore \frac{V_A \times M_A}{2} = \frac{V_B \times M_B}{1}$; বা, $V_A \times M_A = 2 \times V_B \times M_B$; $\therefore M_A = \frac{2 \times V_B \times M_B}{V_A}$

HCl এসিড দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা নির্ণয় করে প্রতি লিটার দ্রবণের মধ্যে দ্রবীভূত HCl এর পরিমাণ নির্ণয় করা যায়।

মোলার দ্রবণের সংজ্ঞা হতে জানা যায় প্রতিলিটার দ্রবণে যত মোল দ্রব দ্রবীভূত থাকে দ্রবণের মাত্রা তত মোলার। অর্থাৎ মোলার দ্রবণ = mol. L^{-1}.

$\therefore$ 1M ঘনমাত্রার HCl দ্রবণের 1L বা 1000 mL দ্রবণে দ্রবীভূত HCl এর পরিমাণ = 36.5 g

$\therefore$ xM " " " " " " " " " = $36.5 \times x$ g

রাসায়নিক উপাদান : প্রস্তুতকৃত প্রমাণ 0.1 M Na_2CO_3 দ্রবণ। প্রস্তুতকৃত সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড HCl দ্রবণ।

ব্যবহৃত নির্দেশক : মিথাইল অরেঞ্জ।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি : কনিক্যাল ফ্লাস্ক, ব্যুরেট, পিপেট, স্ট্যান্ড-ক্লাম্প, ফানেল।

কাজের ধারা :

১. ব্যুরেটকে পাতিত পানি দ্বারা ধুয়ে প্রস্তুতকৃত HCl দ্রবণ দ্বারা রিনস (rinse) করে নাও। ব্যুরেটের স্টপকর্ক ঠিকমতো কাজ করে কিনা তা পরীক্ষা করে নাও। যদি স্টপকর্ক সহজে না ঘুরে বা এর পাশ দিয়ে কোনো রকম দ্রবণ ফোঁটায় ফোঁটায় পড়তে থাকে তবে স্টপকর্ক খুলে গ্রিজ বা ভেসলিনের প্রলেপ দিতে হয় যাতে কোনোরূপ ব্যবহার অনুপযোগী না থাকে।

২. খালি ব্যুরেট খাড়াভাবে ক্ল্যাম্পের সাহায্যে স্ট্যান্ডের সাথে এমনভাবে যুক্ত কর যাতে খোলামুখ উপরের দিকে এবং সরু মুখ নিচের দিকে থাকে।

৩. ব্যুরেটের স্টপকর্ক বন্ধ করে ফানেলের সাহায্যে প্রস্তুতকৃত HCl দ্রবণকে ধীরে ধীরে যোগ করে ব্যুরেটের শূন্য দাগের খানিকটা উপর পর্যন্ত পূর্ণ কর। স্টপকর্ক খুলে দ্রবণকে ফোঁটায় ফোঁটায় কনিক্যাল ফ্লাস্কে ফেলে দ্রবণের তল শূন্য দাগ স্পর্শ করা মাত্র স্টপকর্ক বন্ধ করে দাও।

৪. পিপেট দ্বারা সামান্য পরিমাণ প্রমাণ Na_2CO_3 দ্রবণকে মুখ দ্বারা টেনে নিয়ে ঐ দ্রবণ দ্বারা পিপেটটিকে ভালোভাবে রিনস্ (rinse) করে নাও। পিপেটের সরুমুখ দ্রবণে ডুবিয়ে অপর প্রান্তে মুখ দিয়ে চুষিয়ে ভিতরের বাতাস টেনে নিয়ে দ্রবণকে পিপেটের অভ্যন্তরে নেওয়া হয়। এভাবে দ্রবণ পিপেটের উপরের নির্দেশক দাগ অতিক্রম করার পর মুখ থেকে নল বের করে হাতের বৃদ্ধাঙ্গুল দ্বারা পিপেটের মুখ বন্ধ কর। এবার পিপেটটিকে সাবধানে ধরে আঙ্গুলের চাপ ধীরে ধীরে কমানো হয়। ফলে অতিরিক্ত দ্রবণ পিপেট হতে ফোঁটায় ফোঁটায় সরু মুখ দিয়ে বেরিয়ে আসে। এভাবে পিপেটের তরলের বাঁকা তলের তলদেশ নির্দেশক দাগ স্পর্শ করা মাত্রই আঙ্গুলের চাপ বৃদ্ধি করে দ্রবণ পড়া বন্ধ করে দাও। পিপেটের 10 mL Na_2CO_3 দ্রবণকে ধৌত করা পরিষ্কার কনিক্যাল ফ্লাস্কে নাও।

৫. কনিক্যাল ফ্লাস্কের দ্রবণের মধ্যে 1 – 2 ফোঁটা প্রস্তুতকৃত নির্দেশক যোগ কর। দ্রবণের বর্ণ হালকা হলুদ ধারণ করলো। এ দ্রবণের মধ্যে অতিরিক্ত প্রায় 10 mL পাতিত পানিকে ওয়াস বোতলের সাহায্যে যুক্ত কর। কনিক্যাল ফ্লাস্কের তলদেশ কাপড় দ্বারা মুছে এক টুকরা সাদা কাগজের উপর একে যথাস্থানে বসাও।

৬. ব্যুরেটের HCl দ্রবণের নিচের তলের পাঠ নিয়ে ডাটা ছকের HCl দ্রবণের ১ম পাঠ এর স্থানে লিখে রাখ। ব্যুরেটের স্টপকর্ক খুলে ধীরে ধীরে কনিক্যাল ফ্লাস্কের মধ্যে HCl দ্রবণ যোগ করতে থাক। এ সময় কনিক্যাল ফ্লাস্কটিকে চক্রাকারে ঘুরিয়ে ভিতরের দ্রবণকে ভালোমতো মিশ্রিত করতে থাক। এভাবে HCl দ্রবণ যোগ করতে থাকলে এক পর্যায়ে দ্রবণের মাঝে যেখানে HCl এর ফোঁটা পড়ে সেখানের দ্রবণ গোলাপি লাল বর্ণ ধারণ করবে। তখন বুঝবে টাইট্রেশনের প্রশমন বিন্দু খুব কাছাকাছি পৌঁছে গিয়েছে।

৭. দ্রবণকে ভালোমতো চক্রাকারে ফ্লাস্কের মধ্যে ঘুরিয়ে 2 – 3 ফোঁটা এসিড দ্রবণ যোগ করে Na_2CO_3 দ্রবণকে পূর্ণ প্রশমিত কর। এ অবস্থায় দ্রবণ স্থায়ী গোলাপি লাল বর্ণ ধারণ করবে। ব্যুরেট হতে HCl দ্রবণের উপরিতল দেখে ২য় পাঠ নাও এবং ডাটা ছকের যথাস্থানে তা লিখে রাখ। ব্যুরেটের ১ম পাঠ ও ২য় পাঠের পার্থক্যই প্রমাণ 10 mL Na_2CO_3 দ্রবণকে পূর্ণ প্রশমিত করতে প্রয়োজনীয় HCl দ্রবণের আয়তন।

৮. একইভাবে আরও তিনটি টাইট্রেশনের কার্যক্রম সম্পন্ন কর। প্রতিবার কনিক্যাল ফ্লাস্ককে ভালোভাবে ওয়াশ করে নেবে। এবার ব্যবহৃত HCl এর গড় আয়তন নির্ণয় কর এবং এ আয়তনের ঘনমাত্রা নির্ণয় কর।

টাইট্রেশন ডাটা : প্রমাণ Na_2CO_3 দ্রবণ দ্বারা সেকেন্ডারি HCl দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয়ের ডাটা ছক :

পাঠ সংখ্যা	গৃহীত Na_2CO_3 এর আয়তন	ব্যুরেটের HCl দ্রবণের পাঠ		ব্যবহৃত HCl দ্রবণের আয়তন (২য় পাঠ – ১ম পাঠ) mL	ব্যবহৃত HCl দ্রবণের গড় আয়তন mL
		১ম পাঠ mL	২য় পাঠ mL		
1	10				
2	10				
3	10				

গণনা : HCl দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা নির্ণয় : টাইট্রেশনের মূলতত্ত্ব হতে আমরা জেনেছি এ টাইট্রেশনের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য সমীকরণটি $V_A \times M_A = 2V_B \times M_B$

$$\therefore M_A = \frac{2V_B \times M_B}{V_A} = \frac{2 \times 10 \times 0.1}{\text{------}} = \text{..... M}$$

V_A = ব্যবহৃত HCl এর গড় আয়তন। পরীক্ষালব্ধ মান হতে এ মান বসিয়ে HCl দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয় করে নাও।

শিক্ষার্থী বন্ধুরা HCl দ্রবণের ঘনমাত্রা জেনেছ। এবার এ মান থেকে দ্রবণের মধ্যে দ্রবীভূত HCl এর পরিমাণ হিসাব করবে।

HCl দ্রবণের গ্রাম আণবিক ভর 36.5 g mol^{-1}

1 M ঘনমাত্রার 1000 mL দ্রবণে দ্রবীভূত HCl এর পরিমাণ 36.5 g

x M " " " " " " $36.5 \times x$ g

HCl দ্রবণের মধ্যে দ্রবীভূত HCl = ... $g.L^{-1}$.

সাবধানতা :

১. ব্যুরেট থেকে HCl দ্রবণ নেওয়ার সময় সতর্কতা অবলম্বন করবে যেন কোনো অবস্থাতেই HCl হাতে না লাগে বা কনিক্যাল ফ্লাস্কের বাইরে পড়ে না যায়।

২. ব্যুরেট থেকে কনিক্যাল ফ্লাস্কের Na_2CO_3 দ্রবণের মধ্যে HCl যোগ করার সময় ফ্লাস্ককে চক্রাকারে নাড়তে থাকবে।

৩. ব্যুরেট হতে HCl দ্রবণকে খুব ধীরে ধীরে যোগ করবে।

৪. দুটি টাইট্রেশনে ব্যবহৃত HCl দ্রবণের পার্থক্য কখনই 0.1 mL এর অধিক হতে পারবে না।

৫. টাইট্রেশনের সময় কনিক্যাল ফ্লাস্কের Na_2CO_3 দ্রবণের মধ্যে প্রায় সমপরিমাণ পানি ও ফ্লাস্কের নিচে এক টুকরা সাদা কাগজ ব্যবহার করাই উত্তম।

৩.১৪ ব্যবহারিক : জারণ-বিজারণ টাইট্রেশনের মাধ্যমে দ্রবণে বিদ্যমান ধাতব আয়নের পরিমাণ নির্ণয়

জারণ-বিজারণ টাইট্রেশনের মাধ্যমে দ্রবণে বিদ্যমান ধাতব আয়নের পরিমাণ নির্ণয়ের ক্ষেত্রে আমরা প্রথমে $FeSO_4$ দ্রবণ প্রস্তুত করব এবং এ দ্রবণকে প্রমাণ $KMnO_4$ দ্রবণের সাহায্যে টাইট্রেট করে দ্রবণের Fe^{2+} এর পরিমাণ নির্ণয় করব। তবে এক্ষেত্রে আমাদের স্বরণ রাখতে হবে $KMnO_4$ একটি সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ।

প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ (Primary Standard Substances) : যেসব পদার্থ প্রকৃতিতে বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় এবং ঐ পদার্থ বা তার দ্রবণকে দীর্ঘদিন রেখে দিলেও দ্রবণের ঘনমাত্রার কোনো পরিবর্তন ঘটে না, সেসব পদার্থকে প্রাইমারি

স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ বলা হয়ে থাকে। যেমন– অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ (Na_2CO_3), পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণ ($K_2Cr_2O_7$), কেলাসিত ইথেন ডাইঅয়িক এসিড বা অক্সালিক এসিড ($H_2C_2O_4.2H_2O$), কেলাসিত সোডিয়াম ইথেন ডাই অয়েট বা অক্সালেট ($Na_2C_2O_4.2H_2O$) ইত্যাদি পদার্থ ও এদের দ্রবণ হলো প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ।

বৈশিষ্ট্যসমূহ :

১. প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় এবং সংরক্ষণ করলে দীর্ঘদিন বিশুদ্ধ থাকে।
২. বায়ুর সংস্পর্শে অপরিবর্তিত থাকে অর্থাৎ বায়ুর উপাদান CO_2, O_2 ও জলীয় বাষ্প দ্বারা উপাদান আক্রান্ত হয় না।
৩. ল্যাবরেটরিতে ডিজিটাল ব্যালেন্স বা পল-বুঙ্গি ব্যালেন্সের সাহায্যে ওজন করে এর প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুত করা যায়।
৪. প্রকৃত প্রমাণ দ্রবণকে সংরক্ষণ করলে দীর্ঘদিন যাবৎ এর ঘনমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে।

ব্যবহার : আয়তনিক বিশ্লেষণে প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থের প্রমাণ দ্রবণকে ব্যবহার করা হয়।

সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ (Secondary Standard Substances) : যেসব পদার্থ বায়ুর উপাদানসমূহ দ্বারা সহজে আক্রান্ত হয়, ফলে এসব পদার্থের দ্রবণের ঘনমাত্রা সময়ের সাথে সাথে পরিবর্তিত হয়ে যায় তাদেরকে সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ বলা হয়ে থাকে। যেমন– পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ($KMnO_4$), সালফিউরিক এসিড (H_2SO_4), কস্টিক সোডা (NaOH), সোডিয়াম থায়োসালফেট ($Na_2S_2O_3.5H_2O$) ইত্যাদি পদার্থ ও এদের দ্রবণ সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ।

বৈশিষ্ট্যসমূহ :

১. এদেরকে বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় না এবং সংরক্ষণ করলেও বিশুদ্ধ থাকে না।
২. বায়ুর সংস্পর্শে এসে পরিবর্তন ঘটে অর্থাৎ বায়ুর উপাদান CO_2, O_2 ও জলীয় বাষ্প দ্বারা উপাদান আক্রান্ত হয়।
৩. ব্যালেন্সের ক্ষতি করে ও বায়ুর সংস্পর্শে এসে ভরের পরিবর্তন ঘটায় বলে এর প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুত করা যায় না।
৪. প্রকৃত দ্রবণকে সংরক্ষণ করলে দ্রবণের ঘনমাত্রা সময়ের সাথে সাথে পরিবর্তিত হয়ে যায়।

ব্যবহার : আয়নিক বিশ্লেষণে প্রয়োজনীয় দ্রবণ প্রস্তুতিতে সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

প্রমাণ অক্সালিক এসিড দ্রবণ দ্বারা $KMnO_4$ দ্রবণের প্রকৃত শক্তিমাত্রা নির্ণয় করে নেওয়া হয়। অক্সালিক এসিড একটি শক্তিশালী বিজারক এবং প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ। অক্সালিক এসিডের একটি নির্দিষ্ট আয়তনের প্রমাণ দ্রবণ নিয়ে প্রস্তুতকৃত $KMnO_4$ দ্রবণকে টাইট্রেট করে দ্রবণের প্রকৃত মোলার ঘনমাত্রা নির্ণয় করা হয়ে থাকে।

$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2C_2O_4 \longrightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 10CO_2$

উভয়পক্ষ হতে K^+ আয়ন ও SO_4^{2-} মূলককে বাদ দিলে–

$2MnO_4^- + 16H^+ + 5C_2O_4^{-2} \longrightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O + 10CO_2.$

$5\ C_2O_4^{2-} - 10e \longrightarrow 10CO_2$ (জারণ অর্ধ-সমীকরণ)

$2MnO_4^- + 16H^+ + 10e \longrightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O$ (বিজারণ অর্ধ-সমীকরণ)

$2MnO_4^- + 16H^+ + 5C_2O_4^{2-} \longrightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O + 10CO_2$ (জারণ-বিজারণ টাইট্রেশন)

এ টাইট্রেশনের সমীকরণ হতে দেখা যায়– 2 mol $KMnO_4 \equiv 5$ mol $H_2C_2O_4$.

1000 mL 1 M $KMnO_4$ দ্রবণ ≡ 1000 mL 5 M $H_2C_2O_4$ দ্রবণ।

(ক) 0.1 M ঘনমাত্রায় $KMnO_4$ দ্রবণ প্রস্তুতি : শিক্ষার্থী বন্ধুরা তোমরা প্রথমে ল্যাবরেটরিতে গিয়ে 0.1 M $KMnO_4$ দ্রবণ প্রস্তুত করবে। এক্ষেত্রে নিচের উল্লিখিত রীতি অনুসরণ করবে।

$KMnO_4$ এর গ্রাম আণবিক ভর 158 g mol^{-1}

1 M ঘনমাত্রার 1000 mL দ্রবণ প্রস্তুত করতে প্রয়োজনীয় $KMnO_4$ হলো 158 g.

0.1 M ঘনমাত্রা 200 mL দ্রবণ প্রস্তুত করতে প্রয়োজনীয় $KMnO_4 = \frac{158 \times 200 \times 0.1}{1000}$ g

$= 3.16$ g

গণনা হতে বুঝতে পারছ তোমাকে 200 mL 0. 1 M $KMnO_4$ দ্রবণ প্রস্তুত করতে হলে 3.16 g $KMnO_4$ নেওয়া প্রয়োজন। কিন্তু মজার বিষয় হলো ল্যাবরেটরিতে তোমরা যে $KMnO_4$ ব্যবহার করবে বা করেছ তা শতভাগ বিশুদ্ধ নয়। এর মধ্যে ভেজাল হিসেবে সামান্য কিছু হলেও MnO_2 বর্তমান থাকে। উপস্থিত MnO_2 দ্রবণে $KMnO_4$ এর বিয়োজনকে প্রভাবিত করে। উপরন্তু বায়ুর ধূলিকণা, জৈবিক পদার্থ, আলো এসব $KMnO_4$ এর বিয়োজনকে বৃদ্ধি করে। তাই $KMnO_4$ এর প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুত করার সময় প্রয়োজনের চেয়ে একটু বেশি পরিমাণ $KMnO_4$ নেওয়া উচিত। এক্ষেত্রে 200 mL 0.1 M $KMnO_4$ দ্রবণ প্রস্তুতির জন্য তোমরা 3.16 g $KMnO_4$ এর পরিবর্তে 3.25 g $KMnO_4$ ব্যবহার করে দ্রবণ প্রস্তুত কর। এ দ্রবণকে প্রমাণ অক্সালিক এসিড দ্রবণ দ্বারা টাইট্রেট করে $KMnO_4$ দ্রবণের সঠিক মোলার ঘনমাত্রা নির্ণয় করে নিবে।

0.05 M অক্সালিক এসিড দ্রবণ প্রস্তুতি :

মূলনীতি : কেলাসিত অক্সালিক এসিড ($H_2C_2O_4.2H_2O$) এর গ্রাম আণবিক ভর 126 g. mol^{-1}.

∴ 1 M ঘনমাত্রার 1000 mL অক্সালিক এসিড দ্রবণে দ্রবীভূত অক্সালিক এসিড 126 g.

∴ 0.05 M ঘনমাত্রার 250 mL অক্সালিক এসিড দ্রবণে দ্রবীভূত অক্সালিক এসিড $= \frac{126 \times 250 \times 0.05}{1000}$ g = 1.575 g.

কাজের ধারা :

১. 250 mL আয়তনের একটি আয়তনমিতিক ফ্লাস্ক নিয়ে ভালোভাবে পরিষ্কার কর।

২. ফ্লাস্কের মধ্যে মেজারিং সিলিন্ডারের সাহায্যে 100 mL পাতিত পানি যোগ কর।

৩. পল-বুঙ্গি ব্যালেন্স বা 4 ডিজিট ডিজিটাল ব্যালেন্সের সাহায্যে 1.575 g অক্সালিক এসিডকে ওজন কর।

৪. আয়তনমিতিক ফ্লাস্কের মুখে ফানেল বসিয়ে এর সাহায্যে ওজন করা 1.575 g অক্সালিক এসিডকে ধীরে ধীরে ফ্লাস্কের মধ্যে যোগ কর।

৫. ফ্লাস্ককে ভালোমতো ঝাঁকিয়ে ওয়াশ বোতলের সাহায্যে প্রয়োজনীয় পানি যোগ করে 250 mL আয়তন পূর্ণ কর।

(খ) প্রমাণ অক্সালিক এসিড দ্রবণ দিয়ে প্রস্তুতকৃত $KMnO_4$ দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা নির্ণয় :

কাজের ধারা :

১. একটি ব্যুরেটকে প্রস্তুতকৃত $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা ভালোমতো রিনস্ করে যথারীতি নিয়মে $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা ব্যুরেটের শূন্য দাগের উপর পর্যন্ত পূর্ণ কর এবং শূন্য দাগ বা তার নিচের কোনো দাগে দ্রবণকে আন।

২. একটি কনিক্যাল ফ্লাস্কের মধ্যে প্রমাণ অক্সালিক এসিড দ্রবণের 20 mL কে নিয়ে এর মধ্যে ব্যুরেটের সাহায্যে প্রায় 5 mL 1.0 M H_2SO_4 দ্রবণ যোগ কর।

৩. কনিক্যাল ফ্লাস্কের দ্রবণকে প্রায় 60°–70° C তাপমাত্রা পর্যন্ত উত্তপ্ত করে নাও।

৪. ব্যুরেটের প্রথম পাঠ ছকে লিখে নাও। এবার নিয়ন্ত্রিত কর্কের সাহায্যে ফোঁটায় ফোঁটায় $KMnO_4$ দ্রবণকে কনিক্যাল ফ্লাস্কের দ্রবণের মধ্যে যোগ কর। প্রথমে $KMnO_4$ এর বর্ণের পরিবর্তন খুব ধীরে ঘটবে। বিক্রিয়ায় উৎপন্ন $MnSO_4$ এর Mn^{2+} আয়নের প্রভাবে $KMnO_4$ এর বিজারণের হার বৃদ্ধি পায় এবং দ্রুত বর্ণের পরিবর্তন ঘটে।

৫. ধীরে ধীরে বুরেট থেকে $KMnO_4$ দ্রবণ যোগ কর এবং একই সাথে কনিক্যাল ফ্লাস্কের দ্রবণকে ভালোমতো চক্রাকারে নাড়াতে থাক। এভাবে চলতে থাকলে দেখবে ফ্লাস্কের মধ্যে দ্রবণ হঠাৎ বেগুনি বর্ণ ধারণ করে আবার অদৃশ্য হয়ে যাচ্ছে, তাহলে বুঝবে টাইট্রেশন প্রায় সমাপ্তির পথে।

৬. এবার খুব সাবধানে ব্যুরেট হতে 2–1 ফোঁটা $KMnO_4$ দ্রবণ যোগ করে কনিক্যাল ফ্লাস্কের দ্রবণের বর্ণ স্থায়ী বেগুনি বর্ণ কর। তাহলে এখন বুঝবে তোমার টাইট্রেশন শেষ হয়েছে। ব্যুরেটের শেষ পাঠ নিয়ে ছকে লিখে রাখ।

৭. একইভাবে আরো দুইবার দুটি টাইট্রেশন সম্পন্ন করে ব্যবহৃত $KMnO_4$ দ্রবণের আয়তনকে ডাটা ছকে লিখে রাখ। তবে মনে রাখবে সবসময় টাইট্রেশন শুরুর আগে ব্যুরেটের প্রথম পাঠ এবং টাইট্রেশন শেষে ব্যুরেটের শেষ পাঠ সঠিকভাবে দেখা খুবই জরুরি।

টাইট্রেশন ডাটা ছক :

পাঠ সংখ্যা	গৃহীত অক্সালিক এসিডের আয়তন mL	ব্যুরেটের $KMnO_4$ দ্রবণের আয়তন		ব্যবহৃত $KMnO_4$ দ্রবণের আয়তন mL	ব্যবহৃত $KMnO_4$ দ্রবণের গড় আয়তন mL
		১ম পাঠ mL	২য় পাঠ mL		
১.	10				
২.	10				
৩.	10				

গণনা : জারণ-বিজারণ টাইট্রেশনের সমীকরণ হতে লেখা যায়– 2 mol $KMnO_4 \equiv 5$ mol $H_2C_2O_4$.

∴ টাইট্রেশনের মূলতত্ত্ব হতে লেখা যায়–

$$\frac{V_1 \times M_1 (KMnO_4)}{2} = \frac{V_2 \times M_2(H_2C_2O_4)}{5}$$

$$\therefore 5V_1 \times M_1 = 2V_2 \times M_2$$

$$\therefore M_1 = \frac{V_2 \times 2M_2}{5V_1}$$

$$= \frac{20 \times 2 \times 0.05}{5 \times .....} = ... \text{ M}$$

এখানে, $M_1 = KMnO_4$ দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা = ?

$V_1 = KMnO_4$ দ্রবণের আয়তন = ...

$M_2 = H_2C_2O_4$ দ্রবণের মাত্রা = 0.05 M

$V_2 = H_2C_2O_4$ দ্রবণের আয়তন = 20 mL

ফলাফল : প্রস্তুতকৃত $KMnO_4$ দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা = ... M.

সাবধানতা :

১. এ টাইট্রেশন প্রক্রিয়ায় কোনো নির্দেশকের প্রয়োজন নেই। কারণ $KMnO_4$ দ্রবণ নিজেই নির্দেশকের কাজ করে।

২. অক্সালিক এসিড দ্রবণকে কনিক্যাল ফ্লাস্কে এবং $KMnO_4$ দ্রবণকে ব্যুরেটের মধ্যে নেওয়া হয়।

৩. টাইট্রেশন শেষে ব্যুরেটের MnO_2 এর দাগকে অপসারণের জন্য $FeSO_4$ দ্রবণ দ্বারা ব্যুরেটকে ধুয়ে নিতে হয়।

প্রস্তুতকৃত $KMnO_4$ দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা ব্যবহার করে নিম্নরূপে ধাতব ফেরাস আয়নের (Fe^{2+}) পরিমাণ নির্ণয় করা যায়–

● প্রমাণ $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা ফেরাস (Fe^{2+}) আয়নের পরিমাণ নির্ণয় ●

মূলনীতি : সালফিউরিক এসিডের উপস্থিতিতে $KMnO_4$ শক্তিশালী জারকরূপে ক্রিয়া করে এবং এক্ষেত্রে Fe^{2+} আয়ন বিজারকরূপে ক্রিয়া করে। প্রমাণ $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা Fe^{2+} আয়নকে জারিত করে Fe^{3+} আয়নে পরিণত করা হয়। অতঃপর টাইট্রেশনের মূলনীতিকে কাজে লাগিয়ে দ্রবণের Fe^{2+} আয়নের পরিমাণ নির্ধারণ করা হয়।

জারণ-বিজারণ টাইট্রেশনের বিক্রিয়ার সমীকরণটি–

$$2\ KMnO_4 + 3H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 3H_2O + 5[O]$$

$$10\ FeSO_4 + 5H_2SO_4 + 5[O] \longrightarrow 5Fe_2(SO_4)_3 + 5H_2O$$

$$2KMnO_4 + 8H_2SO_4 + 10FeSO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5Fe_2(SO_4)_3.$$

উভয়পক্ষ থেকে দর্শক আয়নকে বাদ দিলে–

$$2MnO_4^- + 16H^+ + 10Fe^{2+} \longrightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O + 10Fe^{3+}$$

বা, $MnO_4^- + 8H^+ + 5Fe^{2+} \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O + 5Fe^{3+}$.

$5Fe^{2+} \longrightarrow 5Fe^{3+} + 5e$ (জারণ ক্রিয়া)

$MnO_4^- + 8H^+ + 5e \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$ (বিজারণ ক্রিয়া)

একটি MnO_4^- মূলক 5 টি ইলেকট্রন গ্রহণ করে বিজারিত হয়ে Mn^{2+} আয়নে পরিণত হয়। প্রতিটি Fe^{2+} একটি করে ইলেকট্রনকে দান করে জারিত হয়ে Fe^{3+} আয়নে পরিণত হয়। 5 টি Fe^{2+} 5 টি ইলেকট্রন দান করে জারিত হয়ে 5 টি Fe^{3+} আয়নে পরিণত হয়।

টাইট্রেশনের তত্ত্ব হতে লেখা যায়– 1 L 1.0 M $KMnO_4$ দ্রবণ ≡ 1 L 5.0 M Fe^{+2} দ্রবণ।

প্রয়োজনীয় রাসায়নিক উপাদান : 0.1 M $KMnO_4$ দ্রবণ, 1 M H_2SO_4 দ্রবণ ও সোদক ফেরাস সালফেট ($FeSO_4.7H_2O$).

নির্দেশক : $KMnO_4$ দ্রবণ নিজেই।

প্রশমন বিন্দু : বর্ণহীন দ্রবণ থেকে স্থায়ী হালকা বেগুনি বর্ণের দ্রবণ।

ব্যুরেটে : 0. 01 M $KMnO_4$ দ্রবণ।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি : 500 mL বিকার, 250 mL মাপন ফ্লাস্ক, ব্যুরেট, পিপেট, ফানেল, কনিক্যাল ফ্লাস্ক, ডিজিটাল ব্যালেন্স।

কাজের ধারা :

১. সোদক ফেরাস সালফেট বা গ্রিন ভিট্রিওল; $FeSO_4.7H_2O$ এর আণবিক ভর 278. একটি 250 mL আয়তনের পরিমাপক ফ্লাস্কের মধ্যে 100 mL পানি নিয়ে 6.95 g সোদক ফেরাস সালফেট যোগ করে দ্রবণ প্রস্তুত কর।

২. দ্রবকে ভালোমতো পানিতে দ্রবীভূত করে প্রয়োজনীয় পানি যোগ করে 250 mL দ্রবণ প্রস্তুত কর।

৩. 1 M ঘনমাত্রার 100 mL H_2SO_4 দ্রবণ প্রস্তুত কর।

৪. পরিমাপক ফ্লাস্ক থেকে পিপেটের সাহায্যে 10 mL ফেরাস সালফেটের দ্রবণকে একটি কনিক্যাল ফ্লাস্কে নিয়ে এর মধ্যে প্রায় 2 mL 1 M ঘনমাত্রার H_2SO_4 কে ব্যুরেটের সাহায্যে যোগ কর।

৫. ব্যুরেটের মধ্যে 0.01M ঘনমাত্রার $KMnO_4$ দ্রবণ নিয়ে ব্যুরেটের দ্রবণের উপরিতলের পাঠ নিয়ে ডাটার ছকে তা লিখে রাখ।

৬. ব্যুরেট হতে $KMnO_4$ দ্রবণকে ফোঁটায় ফোঁটায় কনিক্যাল ফ্লাস্কের এসিডীয় ফেরাস সালফেট দ্রবণের মধ্যে যোগ করতে থাক। কনিক্যাল ফ্লাস্ককে নিয়ম অনুযায়ী ভালোমতো ঝাঁকাও। টাইট্রেশনের কোনো এক সময়ে কনিক্যাল ফ্লাস্কের দ্রবণকে ঝাঁকিয়ে খুব সাবধানে 1–2 ফোঁটা $KMnO_4$ যোগ করে দ্রবণের বর্ণ স্থায়ীভাবে হালকা বেগুনি বর্ণ হলে টাইট্রেশনের শেষ বিন্দু নির্ণয় করে নাও।

৭. এ অবস্থায় ব্যুরেটের শেষ পাঠ নিয়ে তা ডাটা ছকে নিয়ে রাখ।

৮. একই প্রক্রিয়া পরপর তিনটি টাইট্রেশন সম্পন্ন কর।

টাইট্রেশন ডাটা :

পাঠ সংখ্যা	$FeSO_4$ দ্রবণের আয়তন (mL)	ব্যুরেটের $KMnO_4$ দ্রবণ		ব্যবহৃত $KMnO_4$ দ্রবণের আয়তন (mL)	ব্যবহৃত $KMnO_4$ এর গড় আয়তন (mL)
		১ম পাঠ (mL)	শেষ পাঠ (mL)		
১।	10				x
২।	10				
৩।	10				

গণনা : ধরি ব্যবহৃত $KMnO_4$ এর আয়তন x mL. টাইট্রেশনের সমীকরণ হতে লেখা যায়–

1000 mL 1 M $KMnO_4$ দ্রবণ $\equiv 5 \times 55.85$ g Fe^{2+}

x mL 0.01 M $KMnO_4$ দ্রবণ $\equiv \frac{5 \times 55.85 \times x \times 0.01}{1000}$ g Fe^{2+} = w g Fe^{2+}

∴ গৃহীত 10 mL ফেরাস সালফেট দ্রবণে Fe^{2+} = w g

∴ 100 mL ফেরাস সালফেট দ্রবণে $Fe^{2+} = \frac{w \times 100}{10} = w \times 10$ g

∴ প্রস্তুতকৃত ফেরাস সালফেট দ্রবণে Fe^{2+} এর পরিমাণ = ... %(W/V).

দ্রবণে Fe^{2+} আয়নের শতকরা পরিমাণকে এবার তোমরা ppm ঘনমাত্রা এককে পরিবর্তন করে নাও। দ্রবণে দ্রবের ppm ঘনমাত্রা $= \frac{\text{দ্রবের পরিমাণ (mg)}}{\text{দ্রবণের আয়তন (ml)}} \times 10^6$। আধুনিককালে ppm ঘনমাত্রাই আদর্শ একক।

সাবধানতা : শ্রেণি শিক্ষক নির্দেশনা প্রদান করবেন।

● আয়োডোমিতি টাইট্রেশনের মাধ্যমে দ্রবণে Cu^{2+} আয়নের পরিমাণ নির্ধারণ ●

ব্যবহারিকের সমগ্র প্রক্রিয়াটি নিম্নলিখিত তিনটি ধাপে সম্পন্ন করা হয়।

(ক) $K_2Cr_2O_7$ এর প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুতি, (খ) প্রমাণ $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ দ্বারা প্রস্তুতকৃত $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ প্রমিতকরণ,

(গ) প্রমিতকৃত প্রমাণ $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ দ্বারা দ্রবণের Cu^{2+} এর পরিমাণ নির্ধারণ।

মূলনীতি : ব্লু ভিট্রিওল ($CuSO_4.5H_2O$) পানিতে সম্পূর্ণভাবে দ্রবীভূত হয়ে Cu^{2+} আয়ন ও SO_4^{2-} মূলকে পরিণত হয়। দ্রবণের Cu^{2+} আয়ন জারক হিসেবে আচরণ করে। KI লবণ পানিতে দ্রবীভূত হয়ে K^+ আয়ন ও I^- আয়নে পরিণত হয়। I^- বিজারক হিসেবে আচরণ করে।

বিক্রিয়া : $2CuSO_4 + 4KI \rightarrow Cu_2I_2 + 2K_2SO_4 + I_2$ বা, $2Cu^{2+} + 2I^- \rightarrow 2Cu^+ + I_2$

জারণ অর্ধ বিক্রিয়া : $2I^- - 2e \rightarrow I_2$, বিজারণ অর্ধ বিক্রিয়া : $2Cu^{2+} + 2e \rightarrow 2Cu^+$

এভাবে উৎপন্ন I_2 এর পরিমাণকে স্টার্চ নির্দেশকের উপস্থিতিতে প্রমাণ $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ দ্বারা টাইট্রেট করে প্রাপ্ত ফলাফলের সাপেক্ষে দ্রবণে বর্তমান Cu^{2+} আয়নের পরিমাণ নির্ণয় করা হয়।

$2Na_2S_2O_3 + I_2 \rightarrow 2NaI + Na_2S_4O_6$

উপরোক্ত সমীকরণের আলোকে লেখা যায়, দুই মোল Cu^{2+} আয়ন I^- আয়নকে জারিত করে এক মোল I_2 বিমুক্ত করে। এ একমোল I_2 কে বিজারিত করতে দুই মোল $Na_2S_2O_3$ এর প্রয়োজন।

2 mol Cu^{2+} আয়ন ≡ 1 mol I_2 ≡ 2 mol $Na_2S_2O_3$; ∴ 2 mol Cu^{2+} আয়ন ≡ 2 mol $Na_2S_2O_3$

বা, 1 mol Cu^{2+} আয়ন ≡ 1 mol $Na_2S_2O_3$; বা, 63.5 g Cu^{2+} আয়ন ≡ 1000 mL 1 M $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ।

কাজের ধারা : প্রথমেই ব্যবহারিক শ্রেণি শিক্ষকের নির্দেশনা অনুযায়ী প্রমাণ $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ প্রস্তুত কর। প্রমাণ $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ দ্বারা সরবরাহকৃত $Na_2S_2O_3$ দ্রবণকে প্রমিতকরণ করে নাও। কারণ $Na_2S_2O_3.5H_2O$ বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া গেলেও যৌগটি প্রকৃতপক্ষে পানিত্যাগী। যে কারণে এটি প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ নয়। তাই প্রস্তুতকৃত $Na_2S_2O_3$ দ্রবণকে প্রমিতকরণ করে নিতে হয়। এ উদ্দেশ্যে একটি কনিক্যাল ফ্লাস্কে 100 mL পাতিত পানিতে 3 g KI ও 2g $NaHCO_3$ দ্রবীভূত করে দ্রবণ প্রস্তুত কর। এ দ্রবণের মধ্যে 2 mL ঘন H_2SO_4 দ্রবণ যোগ কর। এ মিশ্র দ্রবণের মধ্যে পিপেটের সাহায্যে 20 mL প্রস্তুতকৃত প্রমাণ (0.02M ঘনমাত্রার) $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ উহাতে যোগ কর। এবার ফ্লাস্কের মুখে একটি ওয়াচ গ্লাস দ্বারা ঢেকে 5 মিনিট অন্ধকার স্থানে রেখে দাও। এখন ওয়াস গ্লাসটি অল্প পরিমাণ পাতিত পানি দ্বারা ধুয়ে ধৌত পানিকে ফ্লাস্কের দ্রবণের মধ্যে নাও। এবার ব্যুরেট হতে ধীরে ধীরে $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ ফ্লাস্কের মধ্যে যোগ কর। দ্রবণের বর্ণ হালকা লাল বর্ণ হলে দ্রবণের মধ্যে 1 mL স্টার্চ দ্রবণ যোগ কর। দ্রবণ গাঢ় নীল বর্ণ ধারণ করল। এবার ব্যুরেট থেকে অতিরিক্ত প্রয়োজনীয় $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ যোগ করে দ্রবণকে পূর্ণ প্রশমিত কর। প্রশমন বিন্দুতে দ্রবণের বর্ণ নীল থেকে হঠাৎ করেই খুবই হালকা সবুজ হয়।

$K_2Cr_2O_7 + 7H_2SO_4 + 6KI \rightarrow 4K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O + 3I_2$

$2Na_2S_2O_3 + I_2 \rightarrow Na_2S_4O_6 + 2NaI$, বা, $6Na_2S_2O_3 + 3I_2 \rightarrow 3Na_2S_4O_6 + 6NaI$

গণনা : 1 mol $K_2Cr_2O_7$ ≡ 6 mol $Na_2S_2O_3$

$\therefore \frac{V_1M_1}{1} = \frac{V_2M_2}{6}$,

$\therefore M_2 = \frac{6 \times V_1M_1}{V_2}$ [এখানে, V_1 = $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণের আয়তন, M_1 = $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণের মাত্রা, V_2 = $Na_2S_2O_3$ দ্রবণের আয়তন, M_2 = $Na_2S_2O_3$ দ্রবণের মাত্রা।]

সতর্কতা : আয়োডিন অধিক উদ্বায়ী উপাদান। বিক্রিয়ায় উৎপন্ন I_2 বাষ্পীভূত হয়ে গেলে টাইট্রেশনের মাধ্যমে প্রাপ্ত ফল থেকে Cu^{2+} আয়নের সঠিক মান জানা যাবে না। এ অসুবিধা দূরীকরণের জন্য দ্রবণে অতিরিক্ত KI যোগ করা হয়। জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ায় উৎপন্ন I_2 অতিরিক্ত KI এর সাথে KI_3 গঠন করে। এ অবস্থায় I_2 আর বাষ্পীভূত হয় না। $Na_2S_2O_3$ এর সাথে I_2 ও ট্রাইআয়োডাইড (I_3^-) এর বিক্রিয়া অভিন্ন। $2S_2O_3^{2-} + I_3^- \rightarrow 3I^- + S_4O_6^{2-}$

● প্রমাণ $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ দ্বারা আয়োডোমিতীয় পদ্ধতিতে দ্রবণের Cu^{2+} আয়নের পরিমাণ নির্ণয় ●

কাজের ধারা : 250 mL মাপন ফ্লাস্কের মধ্যে 2g ব্লুভিট্রিওল ($CuSO_4.5H_2O$) ওজন করে নিয়ে 200 mL দ্রবণ প্রস্তুত কর। এ দ্রবণ থেকে পিপেটের সাহায্যে 20 mL দ্রবণকে কনিক্যাল ফ্লাস্কে নিয়ে উহাতে 2 mL 1M Na_2CO_3 দ্রবণ যোগ কর। হালকা নীল বর্ণের $Cu(OH)_2$ এর অধঃক্ষেপের সৃষ্টি হবে তখন দ্রবণে ফোঁটায় ফোঁটায় গ্লোসিয়াল $CH_3 - COOH$ যোগ করে অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত কর। এ দ্রবণের মধ্যে 10 mL 10% (W/V) KI দ্রবণ যোগ কর। ফ্লাস্কটিকে ভালোভাবে নেড়ে অন্ধকার স্থানে 5 মিনিট রেখে দাও। এ দ্রবণকে প্রমাণ $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ দ্বারা টাইট্রেট কর। প্রথমে $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ যোগ করে দ্রবণে স্টার্চ দ্রবণের 2 mL যোগ করবে। দ্রবণ গাঢ় নীল বর্ণ ধারণ করবে। দ্রবণে আরো $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ যোগ কর যতক্ষণ দ্রবণের বর্ণ হালকা না হয়। এবার দ্রবণে 10 mL 10% (W/V) KCNS অথবা NH_4CNS দ্রবণ যোগ করে দ্রবণকে ঝাঁকাও। দ্রবণের বর্ণ পুনরায় গাঢ় নীল হয় কারণ স্টার্চ দ্বারা শোষিত আয়োডিন মুক্ত হয়। এবার আরও অতিরিক্ত $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ যোগ করে সমাপ্তি বিন্দু নির্ধারণ কর। সমাপ্তি বিন্দুতে নীল বর্ণ বিলুপ্ত হয়ে সাদা হতে খড়ের ন্যায় অধঃক্ষেপ পড়বে। এভাবে একই পদ্ধতি অনুসরণ করে আরও দুটি পাঠ নাও।

$Na_2S_2O_3$ দ্রবণের টাইট্রেশন ছক :

পাঠ সংখ্যা	$CuSO_4$ দ্রবণের আয়তন mL	ব্যুরেটের পাঠ mL		পার্থক্য	$Na_2S_2O_3$ দ্রবণের গড় আয়তন
		প্রথম পাঠ	শেষ পাঠ		
১	20 mL				
২	20 mL				
৩	20 mL				

গণনা : 2 mol Cu^{2+} আয়ন ≡ 1 mol I_2 ≡ 2 mol $Na_2S_2O_3$

1 mol Cu^{2+} আয়ন ≡ 63.5 g Cu^{2+} আয়ন ≡ 1 mol $Na_2S_2O_3$ ≡ 1000 mL 1M $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ।

∴ 1 mL 1M $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ ≡ 0.0635 g Cu^{2+} আয়ন।

এ সম্পর্ক থেকে প্রয়োজনীয় গণনা সম্পন্ন করবে।

সাবধানতা : ল্যাবরেটরির শ্রেণি শিক্ষক প্রয়োজনীয় নির্দেশনা দিবেন।

৩.১৫ শিক্ষার্থীর কাজ : 0.01 M $KMnO_4$ দ্রবণ ব্যবহার করে অজানা ঘনমাত্রার দ্রবণে $FeSO_4$ এর পরিমাণ নির্ণয়

মূলনীতি : সালফিউরিক এসিডের উপস্থিতিতে $KMnO_4$ শক্তিশালী জারক হিসেবে ক্রিয়া করে এবং এক্ষেত্রে $FeSO_4$ বিজারক হিসেবে ক্রিয়া করে। প্রমাণ $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা $FeSO_4$ এর Fe^{2+} আয়নকে জারিত করে Fe^{3+} আয়নে পরিণত করে, টাইট্রেশনের মূলনীতিকে ব্যবহার করে $FeSO_4$ এর পরিমাণ নির্ধারণ করা হয়।

জারণ-বিজারণ টাইট্রেশন বিক্রিয়ার সমীকরণটি–

$2\ KMnO_4 + 3H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 3H_2O + 5[O]$

$10\ FeSO_4 + 5H_2SO_4 + 5[O] \longrightarrow 5Fe_2(SO_4)_3 + 5H_2O$

$2KMnO_4 + 8H_2SO_4 + 10FeSO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5Fe_2(SO_4)_3.$

উভয়পক্ষ থেকে দর্শক আয়নকে বাদ দিলে–

$2MnO_4^- + 16H^+ + 10Fe^{2+} \longrightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O + 10Fe^{3+}$
বা, $MnO_4^- + 8H^+ + 5Fe^{2+} \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O + 5Fe^{3+}$.

জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $5Fe^{2+} \longrightarrow 5Fe^{3+} + 5e$.

বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $MnO_4^- + 8H^+ + 5e \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$.

একটি MnO_4^- মূলক 5 টি ইলেকট্রন গ্রহণ করে বিজারিত হয়ে Mn^{2+} আয়নে পরিণত হয়। প্রতিটি Fe^{2+} একটি করে ইলেকট্রনকে দান করে জারিত হয়ে Fe^{3+} আয়নে পরিণত হয়। 5 টি Fe^{2+} 5 টি ইলেকট্রন দান করে জারিত হয়ে 5 টি Fe^{3+} আয়নে পরিণত হয়। তাই টাইট্রেশনের রীতি অনুযায়ী লেখা যায়–

1 L 1.0 M $KMnO_4$ দ্রবণ ≡ 1 L 5.0 M $FeSO_4$ দ্রবণ।

প্রয়োজনীয় রাসায়নিক উপকরণ : 0.01 M $KMnO_4$ দ্রবণ, 1 M H_2SO_4 দ্রবণ ও সোদক ফেরাস সালফেট ($FeSO_4.7H_2O$).

নির্দেশক : $KMnO_4$ দ্রবণ নিজেই।

প্রশমন বিন্দু : বর্ণহীন দ্রবণ থেকে স্থায়ী হালকা বেগুনি বর্ণের দ্রবণ।

ব্যুরেটে : 0.01 M $KMnO_4$ দ্রবণ।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি : 500 mL বিকার, 250 mL মাপন ফ্লাস্ক, ব্যুরেট, পিপেট, ফানেল, কনিক্যাল ফ্লাস্ক, ডিজিটাল ব্যালেন্স।

কাজের ধারা :

১. সোদক ফেরাস সালফেট বা গ্রিন ভিট্রিওল $FeSO_4.7H_2O$ এর আণবিক ভর 278. একটি 250 mL আয়তনের পরিমাপক ফ্লাস্কের মধ্যে 100 mL পানি নিয়ে 6.95 g সোদক ফেরাস সালফেট যোগ করে দ্রবণ প্রস্তুত কর। দ্রবণকে ভালোমতো পানিতে দ্রবীভূত করে প্রয়োজনীয় পানি যোগ করে 250 mL দ্রবণ প্রস্তুত করে নাও।

২. 1 M ঘনমাত্রায় 100 mL H_2SO_4 দ্রবণ প্রস্তুত কর।

৩. পরিমাপক ফ্লাস্ক থেকে পিপেটের সাহায্যে 10 mL ফেরাস সালফেটের দ্রবণকে একটি কনিক্যাল ফ্লাস্কে নিয়ে ব্যুরেটের সাহায্যে প্রায় 2 mL 1 M ঘনমাত্রার H_2SO_4 দ্রবণ যোগ কর।

৪. অপর একটি ব্যুরেটে 0.01 M $KMnO_4$ দ্রবণ নিয়ে ব্যুরেটের দ্রবণের উপরিতলের পাঠ নিয়ে ডাটা থেকে তা লিখে রাখ।

৫. ব্যুরেট হতে প্রমাণ $KMnO_4$ দ্রবণকে ফোঁটায় ফোঁটায় কনিক্যাল ফ্লাস্কের ফেরাস সালফেট দ্রবণের মধ্যে যোগ করতে থাক এবং কনিক্যাল ফ্লাস্ককে ভালোমতো ঝাঁকাও।

৬. টাইট্রেশনের কোনো এক সময়ে কনিক্যাল ফ্লাস্কের মাঝখানে বেগুনি বর্ণ দেখা যাবে, এবার ভালোমতো দ্রবণকে ঝাঁকিয়ে খুব সাবধানে 1–2 ফোঁটা $KMnO_4$ দ্রবণ যোগ করে দ্রবণের বর্ণ স্থায়ীভাবে হালকা বেগুনি বর্ণ হলে বুঝবে টাইট্রেশন সম্পন্ন হয়েছে।

৭. এবার ব্যুরেটের শেষ পাঠ নাও এবং ডাটা ছকে তা লেখ।

৮. একইভাবে পরপর তিনটি টাইট্রেশন সম্পন্ন কর।

টাইট্রেশন ডাটা :

গণনা : মনে করি, ব্যবহৃত $KMnO_4$ এর আয়তন x mL. টাইট্রেশন সমীকরণ হতে লেখা যায়–

1000 mL 1 M $KMnO_4$ $\equiv 5 \times 151.85$ g $FeSO_4$

$\therefore$ x mL 0.01 M $KMnO_4 \equiv \frac{5 \times 151.85 \times x \times 0.01}{1000}$ g $FeSO_4$ = w g $FeSO_4$.

$\therefore$ গৃহীত 10 mL দ্রবণে $FeSO_4$ হলো w g.

$\therefore$ 250 mL দ্রবণে $FeSO_4$ $\frac{w \times 250}{10} = w \times 25$ g

$\therefore$ প্রস্তুতকৃত ফেরাস সালফেট দ্রবণে $FeSO_4$ এর পরিমাণ = ... g.

৩.১৬ দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয়ে বিয়ার ল্যাম্বার্ট সূত্রের ব্যবহার

(Uses of Bear Lambart Law for determinations the Concentration of Solution)

বর্ণমিতির মূলনীতি হতে আমরা পাই, যখন কোনো নির্দিষ্ট তীব্রতার একবর্ণী আলোক রশ্মিকে একটি সমসত্ত্ব দ্রবণের উপর আপতিত করা হয় তখন এটি তিনভাগে বিভক্ত হয়ে যায়। রশ্মির কিছু অংশ প্রতিফলিত হয়, কিছু অংশ শোষিত হয় এবং বাকি অংশ দ্রবণের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত হয়ে বের হয়ে যায়। মূল রশ্মির তীব্রতা I_0, প্রতিফলিত রশ্মির তীব্রতা I_r, শোষিত রশ্মির তীব্রতা I_a এবং প্রবাহিত রশ্মির তীব্রতা I_t হলে,

$I_0 = (I_r + I_a + I_t)$ ..... (i)

দুটি সেলের মধ্যে একটিতে দ্রবণ ও অন্যটিতে দ্রাবক রেখে তাদের মধ্যদিয়ে একবর্ণী আলোক রশ্মি প্রবাহিত করলে উভয় ক্ষেত্রে প্রতিফলিত রশ্মির পরিমাণ একই হয়। তখন আলোক শোষণে দ্রাবক ও দ্রবণের ক্ষেত্রে তুলনার বেলায় লেখা যায়–

অর্থাৎ, $I_0 = (I_a + I_t)$ ..... (ii)

1768 সালে ল্যাম্বার্ট আপতিত ও প্রবাহিত আলোকের তীব্রতার উপর পরীক্ষা নিরীক্ষা করে সিদ্ধান্তে উপনীত হন এবং প্রস্তাব করেন যে, "কোনো স্বচ্ছ মাধ্যমের মধ্যদিয়ে কোনো একটি নির্দিষ্ট তরঙ্গ দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট একবর্ণী আলোক রশ্মি প্রবাহিত করলে মাধ্যমের পুরুত্বের সাথে আলোকের তীব্রতার হ্রাসের হার আলোকের তীব্রতার সমানুপাতিক।"

অর্থাৎ $-\frac{dI}{dt} \propto I$; বা, $-\frac{dI}{dt} = KI$; বা, $-\frac{dI}{I} = Kdt$

(এখানে $I = \lambda$ তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট আপতিত আলোকের তীব্রতা, t = মাধ্যমের পুরুত্ব, K = আনুপাতিক ধ্রুবক।)

$-\int \frac{dI}{I} = k\int dt$ বা, $-\ln I = Kt +$ ধ্রুবক ..... (i)

যখন $t = 0$ হয় তখন $I = I_0$ $\therefore -\ln I_0 =$ ধ্রুবক

$\therefore -\ln I = Kt - \ln I_0$ বা, $\ln I_0 - \ln I = Kt$ বা, $\ln \frac{I_0}{I} = Kt$ ..... (ii)

t সময় পরে প্রেরিত আলোর তীব্রতা যদি I_t হয় তবে (ii) নং সমীকরণকে লেখা যায়, $\ln \frac{I_0}{I_t} = Kt$.

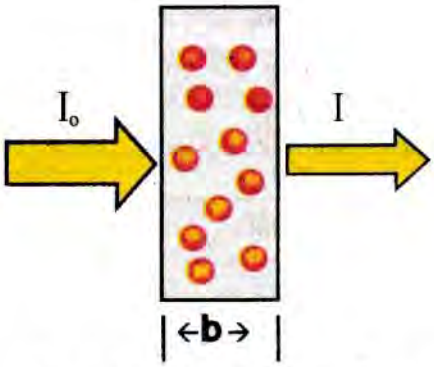
$\therefore 2.303 \log \frac{I_0}{I_t} = Kt$ ..... (iii) এখানে K = অধিশোষণ (absorption coefficient)

বিজ্ঞানী বিয়ার বর্ণযুক্ত দ্রবের দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয় ক্ষেত্রে সমীকরণটি ব্যবহার করেন।

ল্যাম্বার্ট মাধ্যমের পুরুত্ব ও আলোক তীব্রতা হ্রাসের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন করেন। 1852 সালে বিয়ার দ্রবণের ঘনমাত্রা ও আলোক তীব্রতা গ্যাসের মধ্যে সম্পর্ক প্রতিষ্ঠিত করেন। বিয়ারের সূত্রটি এরূপ, "কোনো দ্রবণের মধ্য দিয়ে একবর্ণী আলোক রশ্মি প্রবাহিত করলে দ্রবণের ঘনমাত্রার সাথে আলোকের তীব্রতার হ্রাসের হার আলোকের তীব্রতার সমানুপাতিক।"

বিয়ারের সূত্র : এটি শোষিত রেডিয়েশন পরিমাণের সাথে সাথে দ্রবণের ঘনমাত্রার সম্পর্ক। কি পরিমাণ মনোক্রোমেট্রিক রেডিয়েশন দ্রব শোষণ করে তা বিয়ার বাউজার ল্যাম্বার্ট সূত্রের মাধ্যমে বর্ণনা করা যায়। সংক্ষেপে এটিকে বিয়ারের সূত্র বলা হয়। সূত্রটি এরূপ, "কোনো দ্রবণের মধ্য দিয়ে একবর্ণী আলো প্রবাহিত করলে আপতিত আলোক রশ্মির তীব্রতার হ্রাস দ্রবণের পুরুত্বের ও দ্রবণের ঘনমাত্রার সমানুপাতিক।"

উদাহরণস্বরূপ বলা যায় 25% I_o রেডিয়েশন b দৈর্ঘ্যের পথ অতিক্রমের সময় শোষিত হলে অবশিষ্ট শক্তির পরিমাণ যা পাত্র ভেদ করে অপর প্রান্ত দিয়ে বেরিয়ে যাবে তার পরিমাণ 75% $I_o = I$। এভাবে এই অবশিষ্ট অতিক্রান্ত রেডিয়েশন পুনরায় অনুরূপ আরেকটি পাত্রের ভিতর দিয়ে অতিক্রম করালে শোষিত শক্তির পরিমাণ হবে (25% of 0.75 I) এবং অতিক্রান্ত শক্তির পরিমাণ হবে (75% of 0.75I)। সুতরাং আমরা ট্রান্সমিটেন্সকে লিখতে পারি এভাবে যেটা b এর উপর নির্ভরশীল।



চিত্র ৩.১২ : বিয়ার সূত্রের পরীক্ষা

এখানে, I_o = আগমনকারী রেডিয়েশনের তীব্রতা

I = অতিক্রমকারী রেডিয়েশনের তীব্রতা

c = দ্রবণের ঘনমাত্রা

b = রেডিয়েশন যে পরিমাণ পথ অতিক্রম করে তার দৈর্ঘ্য অর্থাৎ পাত্রের দৈর্ঘ্য।

$T = \frac{I}{I_o} = 10^{-kb}$ এখানে, k = ধ্রুবক। T = ট্রান্সমিটেন্স,

$\therefore \log T = \log_{10} 10^{-kb}$ [উভয়পক্ষে log নিয়ে]

$\log T = -kb \times \log_{10}{}^{10} = -kb \times 1$

$\therefore$ $\boxed{\log T = -kb}$ ..... (i) এটা বাউজারের সূত্র।

আবার ট্রান্সমিটেন্স যেটা ঘনমাত্রার উপর নির্ভরশীল।

$T = \frac{I}{I_0} = 10^{-k'c}$ [k′ = নতুন ধ্রুবক এবং c = দ্রবণের ঘনমাত্রা]

$\log T = \log_{10} 10^{-k'c} = -k'c \times \log_{10}{}^{10}$; $\log T = -k'c \times 1$

$\therefore$ $\boxed{\log T = -k'c}$ ..... (ii) এটা ল্যাম্বার্টের সূত্র

এ সূত্র দুটি একত্রিত করলে আমরা নতুন একটি সূত্র পাই যা বেয়ারের সূত্র নামে পরিচিত।

(i) $\Rightarrow \log T = -kb$ | (ii) $\Rightarrow \log T = -k'c$

$\log T \propto b$ | $\log T \propto c$

তাই আমরা লিখতে পারি, $\log T \propto bc$; $\log T = k''bc$ [k″ নতুন আরেকটি ধ্রুবক]

k″ কে – a ধরে নিলে লেখা যায়, $\log T = -abc$ বা, $-\log T = abc$

যেহেতু $A = -\log T$ সুতরাং $\boxed{A = abc}$ A = এবজরবেন্স বা শোষণ

অর্থাৎ $\boxed{A = -\log T = \log \frac{1}{T} = \log \frac{I_o}{I} = abc}$

এ সমীকরণকে বেয়ারের সূত্রের গাণিতিক আকৃতি দেওয়া হয়। শতকরা হিসেবে ট্রান্সমিটেন্স এর পরিমাণ,

$\% T = \frac{I}{I_0} \times 100$

$\therefore$ $\boxed{\frac{I}{I_o} = \frac{\%T}{100}}$

$\log \frac{I}{I_o} = \log \frac{\%T}{100}$

$\log \frac{I_o}{I} = \log \frac{100}{\%T}$

$A = \log \frac{100}{\%T}$

$= \log 100 - \log \%T$

$= \log 10^2 - \log \% T$

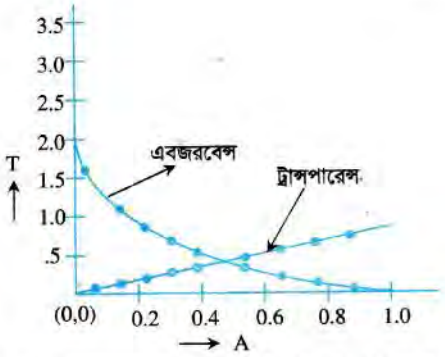
$= 2 \log_{10} 10 - \log \% T$

$= 2 - \log \% T$

$\log \% T = 2 - A$

$\boxed{\% T = \text{anti log } (2 - A)}$

$\boxed{A = \log \% T - 2}$



চিত্র ৩.১৩ : এবজরবেন্স বা শোষণের সাথে ট্রান্সপারেন্স এর তুলনা

$A = \log \% T - 2$ এই সমীকরণ ব্যবহার করে,

পাঠ সংখ্যা	T	A
1.	0.001	3.00
2.	0.010	2.00
3.	0.050	1.3010
4.	0.3	0.5
5.	0.6	0.2218
6.	0.7	0.1549
7.	1.0	0.00

পথ দৈর্ঘ্যকে b দ্বারা প্রকাশ করা হয় যেটা কিনা সেন্টিমিটার প্রকাশ করা হয় এবং ঘনমাত্রাকে গ্রাম/লিটার এককে প্রকাশ করা হয়। ধ্রুবক a কে এবজরবিটি বলা হয় যা কিনা তরঙ্গ দৈর্ঘ্য এবং শোষিত ধাতুর উপর নির্ভরশীল।

এবজরবেন্স তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সাথে পরিবর্তিত হয় এবং এটি সরাসরি a এর উপর নির্ভরশীল (যেখানে b এবং c ধ্রুবক) শোষিতের পরিমাণ এবং মোল এককে শোষিত বস্তুর ওজনকে মোলার এবজরবিটি ϵ বলে। তাই, $A = \epsilon bc$.

$c = mol/L$. সাধারণত অতিবেগুনি রশ্মি (ultraviolet) এবং দৃশ্যমান (visible) বর্ণালিমিতি পরীক্ষায় 1 cm দৈর্ঘ্যের সেল (cell) ব্যবহার করা হয়। ϵ এর একক = $L\ cm^{-1}\ mol^{-1}$ a এর একক $cm^{-1}\ g^{-1}\ L$। ঘনমাত্রাকে ppm এককে উল্লেখ করা হয়। মনোক্রোমেটিক রেডিয়েশন (monochrometic radiation) এবজরবিটি বা শোষিতের পরিমাণ সরাসরি তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সাথে পরিবর্তিত হয়।

$A = \epsilon bc$ সমীকরণ হতে স্পষ্ট দেখা যাচ্ছে ঘনমাত্রা সরাসরি এবজরবেন্স বা শোষণের পরিমাণের উপর নির্ভর করছে।

A, ϵ, b এই তিনটির মান যদি আমাদের জানা থাকে তবে সহজেই আমরা দ্রবণের ঘনমাত্রা c এর মানটা বের করতে পারব।

অথবা, $\log \frac{1}{T} = \epsilon bc$ এ সমীকরণ ব্যবহার করে T এর মান এবং ϵ, b এর মান জানতে পারলে c এর মান সহজেই বের করতে পারব।

সীমাবদ্ধতা :

১. পরীক্ষাধীন দ্রবণ যদি যথেষ্ট ঘন হয় তবে এ সূত্র কার্যকর হয় না। 1.0×10^{-3} M বা এর থেকে আরো কম ঘনমাত্রার দ্রবণের ক্ষেত্রে এ সূত্র প্রযোজ্য।

২. আপাতিত আলো দ্রবণ কর্তৃক শোষিত হওয়ার পূর্বে যেন তা প্রতিফলিত না হয়।

৩. পরীক্ষাধীন দ্রবণে দ্রবের অণুগুলো কোনরূপ বিয়োজন, সংযোজন বা পরস্পরের সাথে বন্ধনে আবদ্ধ হলে এ সূত্র কার্যকর হয় না।

উদাহরণ ১ : কোনো নমুনাকে স্পেকটোফটোমিটারের 1 cm সেলে স্থাপন করলে নির্দিষ্ট তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের জন্য এর 70% ট্রান্সমিট বা প্রেরণ করে। যদি বস্তুর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের মোল প্রতি শোষণ ক্ষমতা 2.0 হয়। তবে বস্তুর ঘনমাত্রা কত?

শতকরা প্রেরণ করে = 70% অর্থাৎ T = 0.7

বস্তুর ঘনমাত্রা, c = ?

মোল প্রতি শোষণ ক্ষমতা, $\epsilon = 2.0$

সেলের দৈর্ঘ্য, b = 1

সমাধান : আমরা জানি, $\log \frac{1}{T} = \epsilon\ bc$

$\log \frac{1}{0.7} = 2.0\ cm^{-1}g^{-1}\ L \times 1.0\ cm \times c$

$c = \frac{1}{2} \log \frac{1}{0.7} = 0.077\ g/L$

∴ বস্তুর ঘনমাত্রা $0.077\ g.L^{-1}$.

নিজে কর – ৩.২৪ :

১. 1.0 cm দৈর্ঘ্যের একটি পাত্রে নেয়া নমুনা দ্রবণ থেকে একটি নির্দিষ্ট তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আপাতিত আলোর 70% নির্গত হয়। যদি বস্তুর শোষণ ক্ষমতা 2.0 হয় তবে দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয় কর। **উত্তর :** 7.745×10^{-2} g.L^{-1}।

২. 350 nm তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের বিকিরণে একটি রঙিন দ্রবণের এবজরবেন্স 0.88। যদি দ্রবণের মোলার এবজরবিটি 1.15×10^3 cm^{-1}. mol^{-1} এবং সেলের পুরুত্ব 2 cm হয় তবে দ্রবণটির ঘনমাত্রা নির্ণয় কর। **উত্তর :** 3.826×10^{-4} mol.L^{-1}।

৩. 550 nm তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের বিকিরণের একটি রঞ্জন দ্রবণের এবজরবেন্স 0.82। ঐ দ্রবণের ঘনমাত্রা 3.6607×10^{-4} mol.L^{-1} এবং দ্রবণের মোলার এবজরবিটি 1.12×10^3 cm^{-1}. mol^{-1} হয় তবে সেলের পুরুত্ব নির্ণয় কর। **উত্তর :** 2 cm।

৪. 550 nm তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের বিকিরণের একটি রঞ্জন দ্রবণের এবজরবেন্স 0.78। দ্রবণের ঘনমাত্রা 3.85×10^{-4} mol.L^{-1} এবং সেলের পুরুত্ব 2 cm হলে ঐ দ্রবণের মোলার এবজরবিটি নির্ণয় কর। **উত্তর :** 1.01298×10^3 cm^{-1}. mol^{-1}।

৫. 570 nm তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের বিকিরণে একটি রঞ্জক দ্রবণের ঘনমাত্রা 3.75×10^{-4} M, এবজরবিটি 1.0×10^3 cm^{-1} এবং সেলের পুরুত্ব 2 cm হলে দ্রবণের এবজরবেন্স নির্ণয় কর। **উত্তর :** 0.75।

৩.১৭ Atomic absorption, UV-Visible spectroscopy, HPLC ও GC-এর পরিমাণগত বিশ্লেষণের মূলনীতি

৩.১৭.১ Atomic Absorption-এর পরিমাণগত বিশ্লেষণের মূলনীতি

পারমাণবিক শোষণ বর্ণালিমিতিতে শিখা বিকিরণ পদ্ধতির ন্যায় নমুনায় দ্রবণকে শিখায় সূক্ষ্ম কণা হিসেবে স্প্রে করা হয় এবং এতে নমুনাস্থ মৌল পারমাণবিক বাষ্পে রূপান্তরিত করা হয়। পরীক্ষণীয় মৌলের পরমাণু শিখায় বিদ্যমান থাকে। কিছু পরমাণু যদিও শিখা দ্বারা তাপীয়ভাবে উত্তেজিত হয়, কিন্তু অধিকাংশ পরমাণু সুস্থিত নিম্নতম শক্তিস্তরে অবস্থান করে।

নিম্নতম শক্তিস্তরে (Ground state) অবস্থানকারী পরমাণুসমূহ পরীক্ষিত মৌল দ্বারা নির্মিত বিশেষ উৎস (Hollow Cathode Lamp) থেকে নির্গত রেডিয়েশনকে শোষণ করতে পারে। উৎস হতে নির্গত রেডিয়েশনের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য শিখায় বিদ্যমান পরমাণু দ্বারা শোষিত তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের অনুরূপ। পরমাণু কর্তৃক শোষিত রেডিয়েশন Beer law অনুসরণ করে। অর্থাৎ এবজরবেন্স (A), শিখার পথ দৈর্ঘ্য (b) এবং পারমাণবিক বাষ্পের ঘনমাত্রার (c) সমানুপাতিক। অর্থাৎ–

$\frac{I}{I_o} = e^{-abc}$

$\log \frac{I}{I_o} = \log e^{-abc}$

$\therefore \log \frac{I}{I_o} = -abc$ বা, $\log \frac{I_o}{I} = abc$

I = নির্গত আলোর শক্তি (তীব্রতা) (Power of transmitted light)

I_o = আপতন রশ্মির শক্তি (Power of incident light)

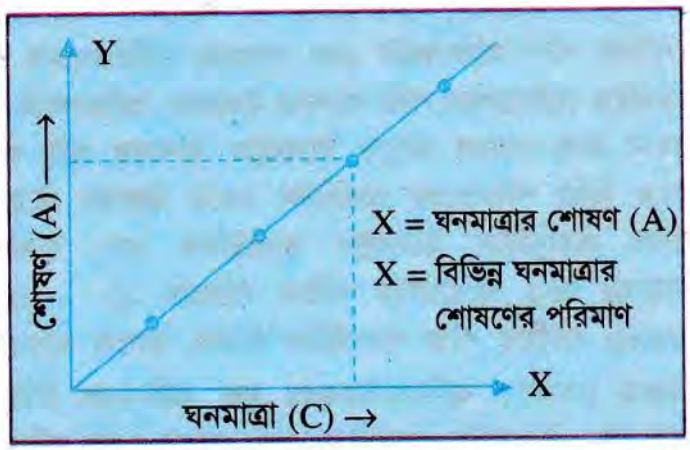
$\therefore A = abc$ [আমরা জানি, $A = \log \frac{I_o}{I}$]

এখানে, A = শোষণ

b = পথ দৈর্ঘ্য (Path length),

c = ঘনমাত্রা (Concentration)

কোনো নমুনার অজানা ঘনমাত্রা নির্ণয় করতে হলে প্রথমে নমুনার কয়েকটি জানা মাত্রার দ্রবণের শোষণ নির্ণয় করতে হয়। এখন জানা মাত্রার ঘনমাত্রার বিপরীতে শোষণ (Absorption) লেখচিত্র অঙ্কন করলে লেখচিত্র থেকে অজানা মাত্রা নির্ণয় করতে হয়।



চিত্র ৩.১৪ : একটি Calibration Curve এর দৃষ্টান্ত

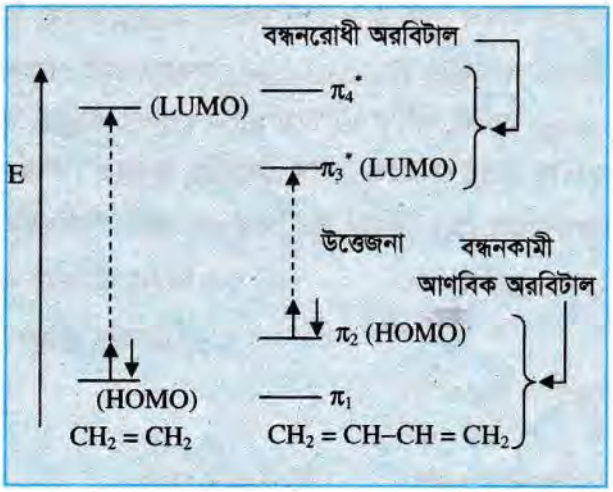
৩.১৭.২ | UV-visible spectroscopy-এর পরিমাণগত বিশ্লেষণের মূলনীতি

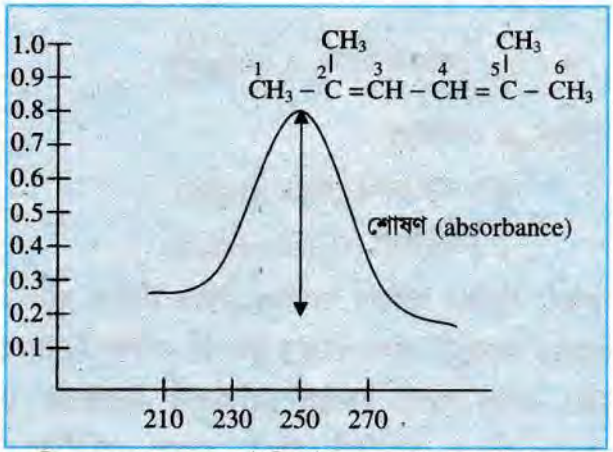
Ultraviolet (অতিবেগুনি) এবং visible (দৃশ্যমান) বর্ণালিমিতি বা Electronic Spectroscopy প্রধানত নমুনায় কোনো যৌগের ঘনমাত্রা নির্ণয় aromatic conjugated (অ্যারোমেটিক অনুবন্ধিতা) এবং যৌগে কার্যকরী গ্রুপের উপস্থিতি নির্ণয়ে ব্যবহৃত হয়। UV রশ্মির তরঙ্গ দৈর্ঘ্য অঞ্চল হলো (200–375) nm এবং visible রশ্মির তরঙ্গ দৈর্ঘ্য অঞ্চল হলো (375–780) nm. যৌগ কর্তৃক তরঙ্গ দৈর্ঘ্য অঞ্চল (200–800) nm এর শোষণ এর ইলেকট্রনীয় স্থিতি অরবিটাল এবং উচ্চতর অরবিটালের মধ্যে ইলেকট্রন স্থানান্তরের সাথে সম্পর্কিত। আণবিক পদার্থের বহিঃস্থ খোলকের ইলেকট্রন অরবিটাল থেকে উচ্চস্তরে ইলেকট্রনের অবস্থান্তরের ফলে ইলেকট্রনীয় বর্ণালির উদ্ভব হয়। বিকিরণ শোষণ অণুর অভ্যন্তরীণ শক্তিকে বৃদ্ধি করে। যৌগের স্থিতি অবস্থানের যোজন ইলেকট্রনকে পরবর্তী উচ্চতর ইলেকট্রনীয় স্তরে অবস্থান্তর করার জন্য UV-VIS অঞ্চলের বিকীর্ণ শক্তি পর্যাপ্ত। ইলেকট্রনীয় গাঠনিক কাঠামো থাকা সত্ত্বেও অনেক যৌগই UV-VIS বিকিরণ শোষণ করে না। বস্তুত এ অঞ্চলের শোষণ অনেকাংশে অনুবন্ধী পদ্ধতির (Conjugated system) ক্ষেত্রে প্রযোজ্য।

একটি বিশেষ যৌগ কর্তৃক যে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য শোষিত হয়, তা উক্ত পদার্থের জন্য অনন্য। একটি যৌগকে চিহ্নিত করার জন্য শোষিত তরঙ্গ দৈর্ঘ্যকে ব্যবহার করা যায়। কিন্তু বিশেষ করে বিকিরণ শোষণের পরিমাণকে পদার্থের মাত্রা নির্ণয়ে অধিকাংশ ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়।

এ পদ্ধতিতে যৌগ কর্তৃক তড়িৎ চৌম্বকীয় বর্ণালির অতিবেগুনি দৃশ্যমান অঞ্চলের রেডিয়েশন শোষণ পরিমাপ করা হয়। যৌগ কর্তৃক UV-VIS রেডিয়েশন শোষিত হলে ইলেকট্রনের ধাপান্তর ঘটে। ইলেকট্রন নিচের শক্তিস্তর অর্থাৎ সর্বোচ্চ অধিকৃত আণবিক অরবিটাল (Highest Occupied Molecular Orbital, HOMO) থেকে উচ্চতর শক্তিস্তর বা নিম্নতর অনধিকৃত আণবিক অরবিটালে (Lowest Unoccupied Molecular Orbital, LUMO) উপনীত হয়।

যৌগের অনুবন্ধতা (Conjugation) বৃদ্ধি পেলে HOMO-LUMO ব্যবধান হ্রাস পায় এবং π-π^* শোষণের অবস্থান দীর্ঘতর তরঙ্গদৈর্ঘ্য (নিম্নতর শক্তি) সরে আসে। বহু বন্ধনবিশিষ্ট (multiple bond) যৌগে তড়িৎ চৌম্বকীয় বর্ণালির ultraviolet–visible অঞ্চলের রেডিয়েশন আপতন করলে যৌগ কর্তৃক রেডিয়েশনের নির্দিষ্ট তরঙ্গদৈর্ঘ্যে শোষিত হয়। শোষণের মাত্রা নমুনার ঘনমাত্রা এবং আণবিক কাঠামোর উপর নির্ভরশীল। নিম্নতর শক্তিসম্পন্ন অরবিটাল থেকে উচ্চতর শক্তিবিশিষ্ট অরবিটালে ইলেকট্রন ধাপান্তরের ফলে এ শোষণ প্রক্রিয়া ঘটে। রেডিয়েশন শোষণ মাত্রা (a = absorbance) এবজরবেন্স (বিশোষণ) এর বিপরীতে তরঙ্গদৈর্ঘ্যের (π) লেখচিত্রকে UV-VIS বর্ণালি হিসেবে আখ্যায়িত করা হয়।





চিত্র ৩.১৬ : 2, 5-ডাইমিথাইল হেক্সা-2, 4-ডাইনের UV বর্ণালি দ্রাবক CH_3OH

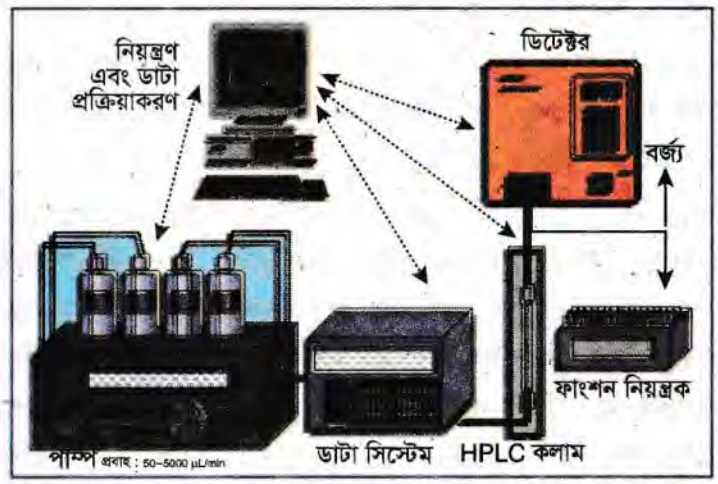
ইথিন এবং বিউট-1, 3-ডাইনের π আণবিক অরবিটালের আপেক্ষিক শক্তি অতিবেগুনি এবং দৃশ্যমান রেডিয়েশনের শক্তি অবলোহিত রেডিয়েশনে শক্তি অপেক্ষা উচ্চতর। অতিবেগুনি এবং দৃশ্যমান রশ্মি শোষণ অণুতে ইলেকট্রন ধাপান্তর সৃষ্টি করে। নিম্নতর ভিত্তি শক্তিস্তরের অরবিটাল থেকে উচ্চতর উত্তেজনা শক্তিস্তর অরবিটালে ইলেকট্রন স্থানান্তরিত হয়। ইলেকট্রন স্থানান্তরের জন্য প্রয়োজনীয় শক্তির পরিমাণ 40 – 300 k Cal/mole শোষিত শক্তি পরবর্তীতে আলো, তাপবা রাসায়নিক বিক্রিয়ায় (যেমন– আইসোমারকরণ মুক্ত রেডিক্যাল বিক্রিয়া) ব্যয়িত হয়। ইলেকট্রন ধাপান্তরের জন্য যেসব অণুর অধিকতর শক্তির প্রয়োজন, সেগুলো ক্ষুদ্রতর তরঙ্গদৈর্ঘ্য রেডিয়েশন শোষণ করে।

অপরদিকে ইলেকট্রন ধাপোন্নতির জন্য যেসব অণুর কম শক্তির প্রয়োজন হয় সেগুলো দীর্ঘতর তরঙ্গদৈর্ঘ্যে রেডিয়েশন শোষণ করে। যেসব যৌগ দৃশ্যমান অঞ্চলের শোষণ করে (রঙিন যৌগসমূহ) তাদের ইলেকট্রনসমূহকে সহজেই ধাপোন্নয়ন করা যায়।

৩.১৭.৩ HPLC (High Performance Liquid Chromatography)-এর পরিমাণগত বিশ্লেষণের মূলনীতি

বর্তমান বিশ্লেষণীয় রসায়নে HPLC-High Performance Liquid Chromatography একটি শক্তিশালী প্রযুক্তি হিসেবে সার্বজনীন স্বীকৃতি লাভ করেছে। তরলে দ্রবীভূত যেকোনো নমুনার পৃথকীকরণের শনাক্তকরণ ও মাত্রিক বিশ্লেষণে HPLC বর্তমানে অনন্য। এই প্রযুক্তির সর্বনিম্ন বিশ্লেষণ মাত্রা পার্টস পার ট্রিলিয়ন (Parts Per Trillion, PPT) পর্যন্ত বিস্তৃত। যেকোনো ধরনের নমুনার ক্ষেত্রে HPLC প্রযুক্তির ব্যবহার ফলপ্রসূ। তরল ক্রোমাটোগ্রাফির সনাতন প্রক্রিয়ায় অপেক্ষাকৃত বৃহৎ ব্যাসবিশিষ্ট কলাম, নিম্ন প্রবাহ হার অথবা, নিম্নচাপ পাম্পিং ব্যবহার করে পৃথকীকরণ প্রক্রিয়া সম্পন্ন হয়। এক্ষেত্রে পৃথকীকরণ সময় ছিল অনেক বেশি (কয়েক ঘণ্টা) এবং সংগৃহীত অ্যানালাইট অংশসমূহকে পৃথকভাবে বিশ্লেষণের প্রয়োজন হয়। প্রাথমিকভাবে সংগৃহীত গ্যাস ক্রোমাটোগ্রাফির (GLC) তত্ত্ব থেকে উচ্চ ক্ষমতাসম্পন্ন তরল ক্রোমাটোগ্রাফির (High Performance Liquid Chromatography) কৌশল ও যন্ত্রায়নের প্রারম্ভিক উন্নয়ন শুরু হয়। ফলে GLC ও HPLC এর মধ্যে অনেক কৌশলগত সাদৃশ্য বিদ্যমান। HPLC এর সার্থকতার মূল কারণ দুটি স্থির দশা হিসেবে ব্যবহৃত ক্ষুদ্র সুষম কণা, যার ফলে নিম্নতর আবর্তনজনিত (Eddy diffusion) এবং দ্রুত ভর স্থানান্তর (Mass transfer) অর্জিত হয়। উচ্চ ক্ষমতাসম্পন্ন তরল ক্রোমাটোগ্রাফির (HPLC) মূল উৎস সনাতন তরল ক্রোমাটোগ্রাফি হলেও তত্ত্ব ও প্রয়োগে এটি গ্যাস ক্রোমাটোগ্রাফির অনুরূপ। সাধারণ তরল ক্রোমাটোগ্রাফির প্রক্রিয়ায় নমুনাকে তরল চলমান দশায় প্রবেশ করানো হয়। নমুনাটি অপেক্ষাকৃতভাবে স্থির দশায় সূক্ষ্ম কণার মধ্যদিয়ে অভিকর্ষের প্রভাবে প্রবাহিত করা হয়। প্রবাহের হার সাধারণত $0.1\ cm^3\ min^{-1}$ পর্যায়ে বিদ্যমান থাকে, যার ফলে পৃথকীকরণ সময় অত্যন্ত দীর্ঘ হয় এবং বহু উপাদান বিশিষ্ট মিশ্রণের পৃথকীকরণ মাত্রা অপর্যাপ্ততায় পর্যবসিত হয়। এ ধরনের অপ্রতুল বিশ্লেষণ ক্ষমতার প্রধান কারণ হচ্ছে স্থির দশা ও চলমান দশার মধ্যে অত্যন্ত মন্থর ভর স্থানান্তর (দ্রব স্থানান্তর) এবং নিম্ন মাত্রায় প্যাকিং বৈশিষ্ট্য, যা বৃহৎ বহুবিধ পথ প্রভাবের (Multiple path effect) সৃষ্টি করে। সাধারণ তরল ক্রোমাটোগ্রাফিতে পরিলক্ষিত অসুবিধাসমূহের বিশ্লেষণে এটি সুস্পষ্ট হয়ে উঠে যে, স্থির দশায় অতীব ক্ষুদ্র সূক্ষ্ম কণার ব্যবহারে ক্রোমাটোগ্রাফির পৃথকীকরণে উচ্চতর দক্ষতা এবং উত্তম সূক্ষ্মতা অর্জিত হয়। দ্রুত পৃথকীকরণের জন্য চাপ প্রয়োগের মাধ্যমে কলামের মধ্যদিয়ে চলমান দশা প্রবাহ করলে উচ্চতর প্রবাহ হার অর্জিত হয়। এ দুটি মৌলিক চাহিদা পূরণের লক্ষ্যে ষাটের দশকে তরল ক্রোমাটোগ্রাফির নতুন সংস্করণ হিসেবে HPLC পদ্ধতির উদ্ভব হয়।

স্থির কঠিন দশা সংবলিত একটি কলামের মধ্যদিয়ে নমুনাকে একটি চাপকৃত তরল চলমান দশার মাধ্যমে প্রবাহিত করে মিশ্রণের উপাদানসমূহকে পৃথক করা হয়। দ্রাব্যতা পরিশোষণ, আকার অথবা চার্জের ওপর ভিত্তি করে উপাদানসমূহ কলামের মধ্যদিয়ে বিভিন্ন হারে অভিবাসন করে। চলমান দশাকে প্রায় 300 psi (200 bar) চাপে পাম্প করা হয় এবং 10–25 cm প্যাককৃত কলামের মধ্যদিয়ে পৃথকীকরণ অর্জন করা হয়। কলামের উপরিভাগে নমুনা মিশ্রণকে সিরিঞ্জের মাধ্যমে প্রয়োগ করা হয়। এর ফলে কঠিন দশা ও তরল দশা উপাদানসমূহের শোষণ ও নিষ্কাশন প্রক্রিয়া চলতে থাকে। স্থির দশায় শোষণ ও মিথষ্ক্রিয়াও ভিন্ন ভিন্ন যৌগের ক্ষেত্রে ভিন্ন ভিন্ন হয় এবং যেহেতু তরল চলমান দশায় উপাদানসমূহের দ্রবণীয়তাও ভিন্ন ভিন্ন হয়, সেহেতু কঠিন স্থির



চিত্র ৩.১৭ : HPLC কার্যপ্রণালি

দশার মধ্যদিয়ে অতিক্রমকালে উপাদানসমূহ ক্রমশ পরস্পর হতে বিচ্ছিন্ন হয়ে পড়ে। ফলে ভিন্ন ভিন্ন সময়ে উপাদানসমূহ কলামের অপর প্রান্ত দিয়ে নিষ্ক্রান্ত হয়ে ডিটেক্টরে পৌঁছে। তরল দশায় যার দ্রবণীয়তা বেশি এবং স্থির দশার প্রতি যে উপাদানের আকর্ষণ কম, সে উপাদানটি লবণে কম সময়ে পৃথক হয়ে আসে। অপরদিকে স্থির দশার প্রতি অপেক্ষাকৃত বেশি আসক্তি এবং তরল দশায় দ্রবণীয়তা সবচেয়ে কম, সে উপাদানটি সবশেষে নিষ্ক্রান্ত হয়। সুনির্দিষ্ট শর্তাবলিতে যেমন– নির্দিষ্ট তাপমাত্রা, নির্দিষ্ট তরল দশা, নির্দিষ্ট কঠিন দশা, নির্দিষ্ট কলাম দৈর্ঘ্য, নির্দিষ্ট কলাম ব্যাস, নির্দিষ্ট প্রবাহ হারে কলামের মধ্যদিয়ে প্রতিটি উপাদানের পরিভ্রমণ সময় (t_r) নির্দিষ্ট। আদর্শ যৌগের সাথে তুলনা করে এবং ধারণ সময় (t_r) পরিমাপ করে যৌগের আঙ্গিক বিশ্লেষণ করা হয়। ডিটেক্টরের সাহায্যে যৌগসমূহের শনাক্তকরণ ও পরবর্তীতে ইন্টিগ্রেটরে ধারণকৃত সিগন্যালসমূহের চূড়ান্ত ক্ষেত্রফল নির্ণয় করে মাত্রিক বিশ্লেষণ সম্পন্ন করা হয়।

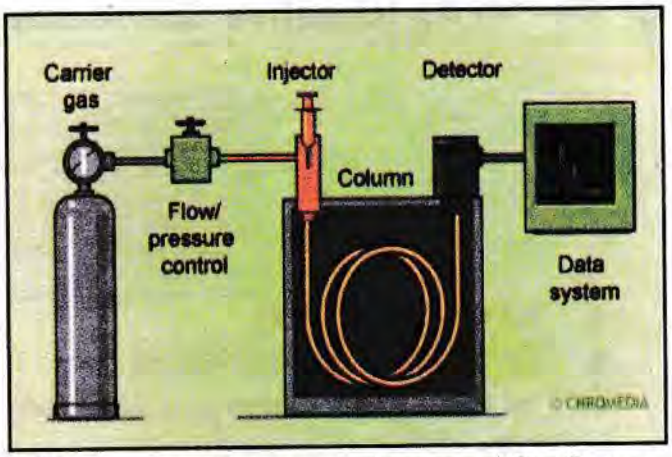
৩.১৭.৪ | GC (Gas Chromatography)-এর পরিমাণগত বিশ্লেষণের মূলনীতি

GC (Gas Chromatography) বিশ্লেষণীয় রসায়নে সবচেয়ে বহুল ব্যবহৃত পদ্ধতির অন্যতম। এখানে চলমান দশা হিসেবে গ্যাসকে ব্যবহার করা হয় বলে একে গ্যাস ক্রোমাটোগ্রাফি বলা হয়। স্থির দশার প্রকৃতির উপর নির্ভর করে দুই ধরনের গ্যাস ক্রোমাটোগ্রাফি প্রচলিত। গ্যাস কঠিন ক্রোমাটোগ্রাফি (Gas solid Chromatography, GSC) এবং গ্যাস তরল ক্রোমাটোগ্রাফি (Gas Liquid Chromatography, GLC)। গ্যাস কঠিন ক্রোমাটোগ্রাফিতে স্থির দশাটি একটি কঠিন পদার্থ এবং পৃথকীকরণ অধিশোষণ (Absorption) গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। গ্যাস তরল ক্রোমাটোগ্রাফি সবচেয়ে বেশি ব্যবহৃত ক্রোমাটোগ্রাফি পদ্ধতি। বিগত কয়েক দশকে গ্যাস ক্রোমাটোগ্রাফি পদ্ধতির বৈপ্লবিক উন্নয়ন সূচিত হয়েছে। ফলে জৈব যৌগের মিশ্রণের পৃথকীকরণ ও পরিমাণগত বিশ্লেষণে গ্যাস ক্রোমাটোগ্রাফি অনন্য। উদাহরণস্বরূপ বেনজিন (স্ফুটনাঙ্ক 80.1) এবং সাইক্লোহেক্সেন (স্ফুটনাঙ্ক 80.8) এর পৃথকীকরণ প্রক্রিয়া গ্যাস ক্রোমাটোগ্রাফিতে অত্যন্ত সহজ কিন্তু প্রথাগত যেমন পাতন পদ্ধতির মাধ্যমে এটি প্রায় অসম্ভব। এ কৌশলের মাধ্যমে অপরিশোধিত তেলের ন্যায় অত্যন্ত জটিল মিশ্রণের ও পৃথকীকরণ সম্ভবপর।

গ্যাস কঠিন ক্রোমাটোগ্রাফি এবং গ্যাস তরল ক্রোমাটোগ্রাফির মধ্যে কতিপয় মৌলিক পার্থক্য বিদ্যমান। গ্যাস কঠিন ক্রোমাটোগ্রাফিতে স্থির দশাটি একটি কঠিন পদার্থ এবং এই দশায় বৃহৎ পৃষ্ঠতল ক্ষেত্রফল রয়েছে। যেখানে অ্যানালাইট প্রজাতির অধিশোষণ (Adsorption) সংঘটিত হয়। নমুনার গ্যাসীয় উপাদান এবং স্থির দশার কঠিন পৃষ্ঠদেশের মধ্যে অধিশোষণ সাম্যাবস্থার অবস্থানের পার্থক্যের কারণে পৃথকীকরণ সম্পন্ন হয়। গ্যাস কঠিন ক্রোমাটোগ্রাফির ব্যবহার নিম্ন আণবিক ভরবিশিষ্ট গ্যাসীয় উপাদানের ক্ষেত্রে (যেমন– কার্বন মনোক্সাইড, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন এবং হাইড্রোকার্বন ইত্যাদি) সীমাবদ্ধ। অধিকতর পোলার যৌগসমূহ কঠিন পৃষ্ঠদেশে অনেকটা স্থায়ীভাবে আবদ্ধিত হয়। এ কারণে অধিকাংশ যৌগের গ্যাস ক্রোমাটোগ্রাফির পৃথকীকরণের ক্ষেত্রে স্থির দশা হিসেবে কঠিন অধিশোষকের ব্যবহার সীমিত। অপরদিকে জটিল মিশ্রণের উপাদানের পৃথকীকরণে গ্যাস তরল ক্রোমাটোগ্রাফি ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত এবং অতীব গুরুত্বপূর্ণ একটি অনন্য সাধারণ পদ্ধতি হিসেবে পরিগণিত। এই প্রলেপন অধিশোষণ এবং রাসায়নিক বন্ধনের মাধ্যমে সম্পন্ন করা হয়। কলামের ভিতর দিয়ে অ্যানালাইটের পরিভ্রমণ হার চলমান গ্যাসীয় দশা এবং প্রলেপিত স্থির তরল দশার মধ্যকার বণ্টন গুণাঙ্ক দ্বারা নির্ণীত হয়।

গ্যাস তরল ক্রোমাটোগ্রাফি এক ধরনের পার্টিশন ক্রোমাটোগ্রাফি, যেখানে চলমান দশাটি একটি নিষ্ক্রিয় গ্যাস এবং স্থির দশাটি কঠিন পৃষ্ঠদেশের ওপর অধিশোষিত উচ্চ স্ফুটনাঙ্কবিশিষ্ট তরল। নমুনাকে গ্যাসীয় দশায় অন্তঃক্ষেপ (Inject) করা হয়। যেখানে নমুনা বাষ্পীভূত হয়ে তরল দশায় (কলামে) প্রবাহিত হয়। স্থির দশায় উপাদানসমূহের আপেক্ষিক আসক্তির ওপর নির্ভর করে পৃথকীকরণ সম্পন্ন হয়। নমুনায় বাষ্প, গ্যাস এবং তরল দশায় বিভাজিত হওয়ার কারণে উপাদানসমূহ বিশ্লিষ্ট হয়। বাহক গ্যাসের নিরবচ্ছিন্ন প্রবাহ কলাম থেকে উপাদানসমূহকে ক্রমবর্ধমান বণ্টন অনুপাতের ভিত্তিতে বের করে নিয়ে আসে। বাহক গ্যাস (Carrier gas) হিসেবে আর্গন, হিলিয়াম, নাইট্রোজেন বা কার্বন ডাইঅক্সাইড ব্যবহৃত হয়। কলামের মধ্যদিয়ে বাহক গ্যাস প্রবাহিত করে ইল্যুশন সম্পন্ন করা হয়। কলামের অভ্যন্তরে বিভিন্ন উপাদানের বিচলন হার (Rate of movement) স্থির তরল দশায় দ্রবীভূত হওয়ার প্রবণতার ওপর নির্ভর করে।

স্থির দশায় যেসব উপাদানের নগণ্য দ্রাব্যতা রয়েছে, সেগুলো কলামের ভিতর দিয়ে দ্রুত বেরিয়ে আসে। যেসব উপাদানের বণ্টন সহগ দ্রাবক তরল দশার প্রতি অনুকূল, সেগুলো কলাম থেকে নিম্নগতিতে নিষ্ক্রান্ত হয়। পৃথককৃত উপাদানসমূহ কলামের অপরপ্রান্ত দিয়ে নিষ্ক্রান্ত হয় এবং ডিটেক্টরে পৌঁছে।



চিত্র ৩.১৮ : একটি গ্যাস ক্রোমাটোগ্রাফের মৌলিক বিন্যাস

উপাদানসমূহ বিভিন্ন ডিটেক্টর দ্বারা শনাক্ত করা হয় যা গ্যাসীয় দশায় উপাদানের ঘনমাত্রাকে বৈদ্যুতিক সিগন্যালে রূপান্তর করে। সিগন্যালসমূহ রেকর্ডার বা ইন্টিগ্রেটরে লিপিবদ্ধ করা হয়, যাতে করে পৃথককৃত উপাদানসমূহের মাত্রিক বিশ্লেষণ সম্ভবপর হয়। কলামের অপর প্রান্ত দিয়ে আবির্ভূত হওয়ার প্রাক্কালে ডিটেক্টর কর্তৃক প্রদর্শিত সিগন্যালকে ক্রোমাটোগ্রাফি লেখচিত্রে প্রকাশ করা হয়। সময়ের বিপরীতে ডিটেক্টর সিগন্যালের অঙ্কিত লেখচিত্রকে ক্রোমাটোগ্রাফ বলে। যে বিন্দুতে নমুনা প্রবেশ করানো হয়েছে সে বিন্দু থেকে প্রতিটি সিগন্যালের বা ক্রোমাটোগ্রাফির চূড়ার (Chromatographic peak) মধ্যবর্তী বিন্দুর দূরত্ব পর্যন্ত সময়কে এ উপাদানের ধারণ সময় (Retention time) বলে। ধারণ সময় দ্বারা উপাদানের গুণগত বিশ্লেষণ করা হয় এবং চূড়ান্ত উচ্চতা বা মোট ক্ষেত্রফল থেকে উপাদানের পরিমাণগত বিশ্লেষণ করা হয়।

সারসংক্ষেপ

এক মোল : কোনো উপাদানের যত গ্রাম ভরে 6.023×10^{23} টি অণু, পরমাণু বা আয়ন থাকে, তত গ্রাম ভরকে ঐ উপাদানের এক মোল বলা হয়ে থাকে।

মোলার দ্রবণ : কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় দ্রবণের প্রতি লিটার আয়তনে এক মোল দ্রব দ্রবীভূত থাকলে এ দ্রবণকে ঐ দ্রবের মোলার দ্রবণ বলা হয়ে থাকে।

ppm : প্রতি লিটার দ্রবণে ঐ দ্রবের কত মিলি গ্রাম দ্রব দ্রবীভূত অবস্থায় আছে দ্রবের ঐ পরিমাণই ঐ দ্রবণের ppm ঘনমাত্রা। অন্যভাবেও একে প্রকাশ করা যায়। প্রতি মিলিলিটার দ্রবণে ঐ দ্রবের কত মাইক্রোগ্রাম (μ g) দ্রব দ্রবীভূত এর সংখ্যামানই ঐ দ্রবণের ppm মাত্রা।

প্রমাণ দ্রবণ : জ্ঞাত ঘনমাত্রার দ্রবণই প্রমাণ দ্রবণ।

নির্দেশক : টাইট্রেশনের সমাপ্তি বিন্দু নির্ধারণের উদ্দেশ্যে বিক্রিয়া মিশ্রণে এমন একটি যৌগ যোগ করা হয় যার পর্যবেক্ষণযোগ্য একটি ভৌত ধর্ম সমাপ্তি বিন্দুতে পরিবর্তিত হয়ে থাকে। বিক্রিয়ার সমাপ্তি বিন্দু প্রকাশক এ যৌগকে নির্দেশক বলে। যেমন মিথাইল অরেঞ্জ, ফিনফথ্যালিন, লিটমাস দ্রবণ ইত্যাদি।

প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ : পদার্থ বা তার দ্রবণকে দীর্ঘদিন রেখে দিলেও দ্রবণের ঘনমাত্রার কোনো পরিবর্তন ঘটে না।

সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ : পদার্থ বা তার দ্রবণের ঘনমাত্রা সময়ের সাথে সাথে পরিবর্তিত হয়ে যায়।

প্রশমন বিন্দু : টাইট্রেশনকালে ব্যুরেট থেকে যে শেষ তরলের ফোঁটা কনিক্যাল ফ্লাস্কে যোগ করার সাথে সাথে ফ্লাস্কের দ্রবণের বর্ণের পরিবর্তন ঘটে সেই ফোঁটাকে প্রশমন বিন্দু বলে। প্রশমন বিন্দুতে এসিড ও ক্ষার পরস্পরকে পূর্ণ প্রশমিত করে।

জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া : ইলেকট্রনের দান ও গ্রহণের মাধ্যমে যে বিক্রিয়া ঘটে তাকে জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া বলে। জারক পদার্থ ইলেকট্রনকে গ্রহণ করে এবং বিজারণ পদার্থ ইলেকট্রনকে দান করে।

দর্শক আয়ন : জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ায় যেসব আয়নের জারণ সংখ্যা অপরিবর্তিত থাকে, তাদেরকে দর্শক আয়ন বলে।

বিয়ার ল্যাম্বার্ট সূত্র : কোন দ্রবণের মধ্য দিয়ে একবর্ণী আলো প্রবাহিত করলে আপাতিত আলোক রশ্মির তীব্রতার হ্রাস দ্রবণের পুরুত্বের ও দ্রবণের ঘনমাত্রার সমানুপাতিক।

অনুশীলনী ০৩ ▶ এ অধ্যায়ের নির্বাচিত প্রশ্নাবলি

সৃজনশীল প্রশ্ন (Creative Questions)

১।



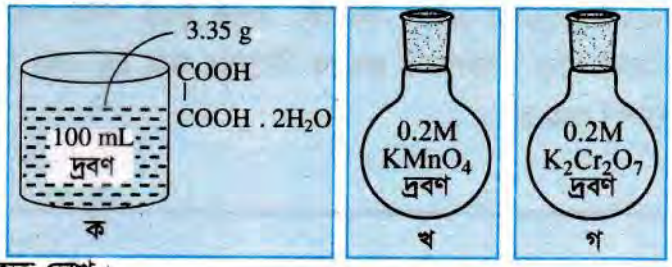
ক. SATP তে আয়তন কত? ১

খ. মোলার দ্রবণকে প্রমাণ দ্রবণ বলা হয় কেন? ২

গ. 'খ' পাত্রের দ্রবণের ঘনমাত্রা ppm এককে নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের 'গ' পাত্রের দ্রবণের প্রকৃতি ও মোলার ঘনমাত্রা নির্ণয় করে কারণ বিশ্লেষণ কর। ৪

২।



ক. ডলোমাইটের সংকেত লেখ। ১

খ. গাঢ় H_2SO_4 কে সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ বলা হয় কেন? ২

গ. এসিডীয় মাধ্যমে 'খ' পাত্রের দ্রবণ দ্বারা 'ক' পাত্রের দ্রবণ টাইট্রেশনের জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার সমতাকরণ দেখাও। ৩

ঘ. এসিডীয় মাধ্যমে ক পাত্রের 10 mL দ্রবণকে টাইট্রেশন করতে গ পাত্রের 5.0 mL দ্রবণের প্রয়োজন হলে ক পাত্রের দ্রবণে উপস্থিত মূল উপাদানের বিশুদ্ধতা যাচাই কর। ৪

৩। 20 mL নমুনা $FeSO_4$ দ্রবণকে H_2SO_4 এর উপস্থিতিতে পৃথকভাবে (i) 0.2 M $KMnO_4$ দ্রবণ ও (ii) 0.2 M $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ দ্বারা টাইট্রেশন করা হলো।

ক. ক্ষারকত্ব কী? ১

খ. মোলারিটি তাপমাত্রার ওপর নির্ভরশীল কেন? ২

গ. (ii) নং টাইট্রেশনের ক্ষেত্রে জারণ-বিজারণ বিক্রিয়াটি অর্ধসমীকরণ পদ্ধতিতে সমতা কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের পদ্ধতি দুটি ব্যবহারের ক্ষেত্রে সুবিধা ও অসুবিধাগুলো বিশ্লেষণ কর। ৪

৪। পদ্মা বহুমুখী সেতু নির্মাণের জন্য চায়না মেজর ব্রিজ কোম্পানি ব্রাজিল ও যুক্তরাজ্য থেকে পৃথকভাবে 10 g নমুনা লোহা সংগ্রহ করে পৃথকভাবে 1L লঘু H_2SO_4 দ্রবণে দ্রবীভূত করা হলো। এ নমুনা দ্রবণদ্বয়ের 10 mL কে পৃথক পৃথকভাবে টাইট্রেট করতে যথাক্রমে 4.0 mL 0.2M $KMnO_4$ ও 12 mL 0.02 M $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণের প্রয়োজন হয়।

ক. নির্দেশক কী? ১

খ. 0.01 M HCl দ্রবণের ppm এককে ঘনমাত্রা কত? ২

গ. উদ্দীপকের সংগঠিত জারণ-বিজারণ ক্রিয়া দুটি আয়ন ইলেকট্রন পদ্ধতিতে সমতা কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের কোন দেশ থেকে লোহা আমদানি করলে দেশের জন্য লাভজনক হবে– বিশ্লেষণ কর। ৪

৫। প্রথম শিক্ষার্থী 1.75 g নমুনা লোহাকে 100 mL H_2SO_4 দ্রবণে সম্পূর্ণ দ্রবীভূত করে এ দ্রবণের 10 mL কে টাইট্রেট করতে 0.05 M 10.5 mL $KMnO_4$ দ্রবণকে ব্যবহার করেছিল। দ্বিতীয় শিক্ষার্থী একই কাজ করতে 0.05 M 10 mL $K_2Cr_2O_7$ ব্যবহার করেছিল।

ক. সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ কাকে বলে? ১

খ. ppm ঘনমাত্রার দ্রবণ একটি প্রমাণ দ্রবণ– ব্যাখ্যা কর। ২

গ. নমুনা লোহার মধ্যে ভেজালের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. ল্যাবরেটরিতে উদ্দীপকের জারক দুটির ব্যবহারের ক্ষেত্রে তুলনামূলক আলোচনা কর। ৪

বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Multiple Choice Questions)

১। প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 2L মিথেন গ্যাসে অণুর সংখ্যা কত?

ক 3.341×10^{18}টি খ 2.688×10^{19}টি

গ 5.37678×10^{22}টি ঘ 1.505×10^{20}টি

২। 9.15g বিশুদ্ধ জিঙ্ক অক্সাইড হতে কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে কত গ্রাম জিঙ্ক পাওয়া যায়?

ক 7.35 খ 7.95

গ 6.54 ঘ 5.92

৩। 0.12 g C কে বাতাসে দহন Kivi ফলে যে CO_2 উৎপন্ন হয় তার আয়তন STP তে কত লিটার?

ক 2.24 খ 0.224

গ 22.4 ঘ 0.242

৪। 250 dm^3 0.4 M Na_2CO_3 দ্রবণে কত গ্রাম Na_2CO_3 আছে?

ক 26.5 খ 10.6

গ 8.6 ঘ 1.06

৫। $2MnO_4^- + 16H^- + ne^- \rightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O$ বিক্রিয়ায়–

i. Mn এর জারণসংখ্যা + 7 হতে + 2 হয়

ii. Mn^{2+} দুটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে

iii. n এর মান 10

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i ও ii খ i ও iii

গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

৬। মিশ্রণ হতে উপাদানসমূহকে পৃথক করার জন্য ব্যবহৃত হয়?

ক AAS পদ্ধতি খ HPLC পদ্ধতি

গ GC পদ্ধতি ঘ UV পদ্ধতি

৭। $KMnO_4$—

i. একটি জারক

ii. প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ

iii. যৌগটিতে Mn এর জারণ সংখ্যা + 7

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i ও ii খ ii ও iii

গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

৮। দ্রবণের মোলারিটি নির্ভর করে–

i. তাপমাত্রার উপর

ii. দ্রব্যের ভরের উপর

iii. দ্রাবকের আয়তনের উপর

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i ও ii খ i ও iii

গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

৯। এসিড মাধ্যমে পটাসিয়াম পার ম্যাঙ্গানেট এর গৃহীত ইলেকট্রন সংখ্যা–

ক 2 খ 3

গ 5 ঘ 7

১০। $CuSO_4 + Zn \rightarrow ZnSO_4 + Cu$; বিক্রিয়ায় কোনটি জারিত হয়?

ক $CuSO_4$ খ Zn

গ $ZnSO_4$ ঘ Cu

নিচের অনুচ্ছেদটি পড় এবং ১১ ও ১২ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

40mL $CuSO_4$ দ্রবণে অতিরিক্ত KI যোগ করে বিমুক্ত অ্যায়োডিনকে টাইট্রেশন করতে 35mL 0.15M $Na_2S_2O_3$ দ্রবণের প্রয়োজন হল।

১১। উদ্দীপকের বিদ্যমান Cu^{2+} এর পরিমাণ কত?

ক 0.3336g খ 0.3989g

গ 0.4949g ঘ 0.98g

১২। বিক্রিয়াটি–

i. আয়োডোমিতি বিক্রিয়া

ii. আয়োডিমিতি বিক্রিয়া

iii. সংযোজন বিক্রিয়া

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i ও ii খ ii ও iii

গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

১৩। 5g $FeSO_4$ কে অম্লীয় মাধ্যমে জারিত করতে কত গ্রাম $KMnO_4$ প্রয়োজন হবে?

ক 1.04 g খ 2.04 g

গ 4.01 g ঘ 4.02 g

১৪। মৃদু এসিড ও তীব্র ক্ষারকের বিক্রিয়ায় উপযুক্ত নির্দেশক কোনটি?
ক ফেনফথ্যালিন খ মিথাইল অরেঞ্জ
গ মিথাইল রেড ঘ যে কোন নির্দেশক

■ নিচের উদ্দীপক হতে ১৫ ও ১৬ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :
$CuSO_4 + KI \rightarrow Cu_2I_2 + I_2 + K_2SO_4$

১৫। উদ্দীপকে বিক্রিয়ায় কোনটি দর্শক আয়ন?
ক Cu^{2+} খ SO_4^{2-}
গ I^- ঘ Cu^+

১৬। বিক্রিয়ায়–
i. Cu^{2+} বিজারিত হয়েছে
ii. I^- জারিত হয়েছে
iii. K^+ ইলেকট্রন ত্যাগ করেছে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

১৭। নিচের কোনটি জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া?
ক $CaC_2O_4 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2C_2O_4$
খ $FeCl_3 + 3NH_4OH \rightarrow Fe(OH)_3 + 3NH_4Cl$
গ $AgNO_3 + NaCl \rightarrow AgCl + NaNO_3$
ঘ $Zn + 2AgCN \rightarrow Zn(CN)_2 + 2Ag$

১৮। নিচের কোন বিক্রিয়াটি জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া নয়?
ক $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$
খ $2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$
গ $2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2$
ঘ $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$

১৯। $2Ag + 2H_2SO_4 \rightarrow Ag_2SO_4 + 2H_2O + SO_2$
এ বিক্রিয়াটিতে H_2SO_4 হলো–
ক নিরুদক খ এসিড
গ এসিড ও জারক ঘ এসিড ও বিজারক

২০। $5C_2O_4^{2-} + 2MnO_4^- + 16H^+ \rightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O + 10CO_2$ এ বিক্রিয়াটিতে জারক হলো–
ক $C_2O_4^{2-}$ খ MnO_4^-
গ H^+ ঘ Mn^{2+}

২২। $2H_2S + SO_2 \rightarrow 2H_2O + 3S$
এ বিক্রিয়াটিতে কোনটি জারক?
ক H_2S খ SO_2
গ H_2O ঘ S

২৩। $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 3S^{2-} \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O + 3S$
এ বিক্রিয়াটিতে বিজারক হলো–
ক $Cr_2O_7^{2-}$ খ H^+
গ S^{2-} ঘ Cr^{3+}

২৪। $PO_4^{3-} + NH_4^+ \rightarrow NH_3 + HPO_4^{2-}$
এ বিক্রিয়াটিতে বিজারক হলো–
ক PO_4^{3-} খ NH_3
গ NH_4^+ ঘ কোনোটিই নয়

২৫। $Cl^- + HSO_4^- \rightarrow HCl + SO_4^{2-}$
এ বিক্রিয়াটিতে জারক হলো–
ক Cl^- খ HSO_4^-
গ SO_4^{2-} ঘ কোনটিই নয়

২৬। নিচের কোন পরিবর্তনের ক্ষেত্রে বিজারক দ্রব্যের প্রয়োজন?
ক $MnO_4^{2-} \rightarrow MnO_4^-$ খ $CrO_4^{2-} \rightarrow Cr_2O_7^{2-}$
গ $AlCl_3 \rightarrow AlCl_4^-$ ঘ $BrO_3^- \rightarrow BrO^-$

২৭। নিচের কোন পরিবর্তের ক্ষেত্রে জারক দ্রবের প্রয়োজন?
ক $Al(OH)_3 \rightarrow Al(OH)_4^-$
খ $NH_4^+ \rightarrow NH_3$
গ $ClO_4^- \rightarrow ClO_3^-$ ঘ $ClO^- \rightarrow ClO_3^-$

২৮। নিচের কোন পরিবর্তনের ক্ষেত্রে বিজারক দ্রব্যের প্রয়োজন?
ক $S_2O_3^{2-} \rightarrow S_4O_6^{2-}$ খ $H_2O_2 \rightarrow O^-$
গ $NO_3^- \rightarrow NH_3$ ঘ $I_2 \rightarrow IO^-$

২৯। $K[Co(CO)_4]$ অণুতে Co এর জারণ সংখ্যা–
ক + 3 খ – 3
গ + 1 ঘ – 1

৩০। হাইড্রোজেনের জারণ সংখ্যা হতে পারে–
ক শুধুমাত্র + 1 খ শুধুমাত্র – 1
গ + 1 ও – 1 ঘ + 1, 0 ও –1

৩২। নিচের কোনটি জারক ও বিজারক উভয় হিসেবেই ক্রিয়া করে থাকে?
ক HNO_3 খ SO_2
গ H_2S ঘ $KMnO_4$

৩৩। নিচের কোনটি জারক ও বিজারক উভয় হিসেবেই ক্রিয়া করতে পারে?
ক Cl^- খ ClO_4^-
গ ClO^- ঘ $Cr_2O_7^{2-}$

৩৪। Ca(OCl)Cl অণুতে Cl এর জারণ অবস্থা–
ক + 1 খ – 1
গ 0 ঘ + 1, – 1

উত্তরমালা

১	গ	২	ক	৩	খ	৪	খ	৫	খ	৬	খ	৭	গ	৮	ঘ	৯	গ	১০	খ	১১	ক	১২	গ	১৩	ক	১৪	ক	১৫	খ	১৬	ক
১৭	ঘ	১৮	ঘ	১৯	গ	২০	খ	২২	খ	২৩	গ	২৪	ঘ	২৫	ঘ	২৬	ঘ	২৭	ঘ	২৮	গ	২৯	ঘ	৩০	ঘ	৩২	খ	৩৩	গ	৩৪	ঘ

অধ্যায় ০৪

তড়িৎ রসায়ন
Electrochemistry


লুইগি গ্যালভানি মাইকেল ফ্যারাডে

ভূমিকা (Introduction)

ইলেকট্রনের প্রবাহই তড়িৎ প্রবাহ। বিশেষ মাধ্যমের ভিতর দিয়ে ইলেকট্রন পরিবাহিত হয়ে থাকে। যেমন– ধাতু, গলিত আয়নিক যৌগ, আয়নিক যৌগের জলীয় দ্রবণ প্রভৃতি মাধ্যমের ভিতর দিয়ে ইলেকট্রনের প্রবাহ ঘটে। ইলেকট্রনের এ প্রবাহই তড়িৎ পরিবাহিতা। ধাতুর মধ্যে ইলেকট্রনের প্রবাহ ইলেকট্রনীয় পরিবাহিতা। এক্ষেত্রে কোনো রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত হয় না। আয়নিক যৌগের গলিত অবস্থা এবং আয়নিক যৌগের দ্রবণে তড়িৎ প্রবাহের ফলে রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত হয়। রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলেই ইলেকট্রনের উৎপত্তি ও ব্যবহার হয়ে থাকে। এ জাতীয় পরিবাহিতা তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহিতা। এ অধ্যায়ে তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহিতা সম্পর্কে ধারণা দেওয়ার চেষ্টা করা হবে মাত্র।






শিখনফল (Learning Outcomes)

অধ্যায়টি অনুশীলন শেষে শিক্ষার্থীরা–

- তড়িৎ পরিবাহী ও এর প্রকারভেদ ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- তড়িৎবিশ্লেষ্যের পরিবাহিতা ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- ব্যবহারিক : পরীক্ষার মাধ্যমে বিভিন্ন দ্রবণের পরিবাহিতার পার্থক্য দেখাতে এবং তীব্র ও দুর্বল তড়িৎবিশ্লেষ্য এবং তড়িৎঅবিশ্লেষ্য চিহ্নিত করতে পারবে।
- ফ্যারাডের প্রথম সূত্র প্রয়োগ করে তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থের পরিমাণ নির্ণয় বর্ণনা করতে পারবে।
- ধাতুর সক্রিয়তা সিরিজ বর্ণনা করতে পারবে।
- ব্যবহারিক : ধাতুর তুলনামূলক সক্রিয়তা পরীক্ষার মাধ্যমে দেখাতে পারবে।
- জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া ও বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া এবং তড়িৎদ্বার বিভব ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- তড়িৎদ্বার বিভবের সাথে ধাতুর সক্রিয়তা সিরিজের সম্পর্ক বর্ণনা করতে পারবে।
- Red-Ox বিক্রিয়া ও কোষ বিভব ও প্রমাণ কোষ বিভব ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- তড়িৎদ্বার এবং কোষের বিভব সংক্রান্ত নার্নস্ট সমীকরণ ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- তড়িৎদ্বার ও এর প্রকারভেদ বর্ণনা করতে পারবে।
- ব্যবহারিক : ধাতু-ধাতব আয়ন তড়িৎদ্বার গঠন করতে পারবে।
- ব্যবহারিক : দুটি তড়িৎদ্বারের সাহায্যে কোষ গঠন করে রাসায়নিক শক্তিকে বিদ্যুৎশক্তিতে রূপান্তরিত করে দেখাতে পারবে।
- এক ও দুই প্রকোষ্ঠবিশিষ্ট তড়িৎ রাসায়নিক কোষের গঠন ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- রিচার্জেবল (লেড স্টোরেজ ও লিথিয়াম) ব্যাটারির কার্যপ্রণালি এবং রিচার্জ প্রক্রিয়া ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- লেড স্টোরেজ ও লিথিয়াম ব্যাটারি ব্যবহারের সুবিধা অসুবিধা বর্ণনা করতে পারবে।
- ফুয়েল সেলের প্রকারভেদ এবং বিভিন্ন ফুয়েল সেলের অ্যানোড, ক্যাথোড ও ফুয়েল উল্লেখ করতে পারবে।
- হাইড্রোজেন ফুয়েল সেলের গঠন ও সংঘটিত বিক্রিয়া এর সুবিধা ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- pH মিটারের সাহায্যে কোন দ্রবণের pH নির্ণয়ের কৌশল ব্যাখ্যা করতে পারবে।

প্রধান শব্দ (Key words) : ➤ পরিবাহিতা ➤ পরিবাহী ➤ ক্যাটায়ন ➤ অ্যানায়ন ➤ তড়িৎবিশ্লেষ্য ➤ নার্নস্ট তত্ত্ব ➤ রিচার্জ ➤ ফুয়েল সেল ➤ pH মিটার ➤ তড়িচ্চালক বল ➤ সক্রিয়তা।

৪.১ তড়িৎ পরিবাহী ও এর প্রকারভেদ (Electrical Conductors and its Classification)

কোনো কোনো পদার্থের ভিতর দিয়ে ইলেকট্রন চলাচল করতে পারে, আবার কোনো কোনো পদার্থের ভিতর দিয়ে ইলেকট্রন চলাচল করতে পারে না। প্রকৃতপক্ষে ইলেকট্রনের প্রবাহই তড়িৎ-প্রবাহ। যেসব পদার্থের ভেতর দিয়ে বিদ্যুৎ চলাচল করতে পারে বা যেসব পদার্থ ইলেকট্রন পরিবহন করতে পারে, তাদেরকে তড়িৎ পরিবাহী পদার্থ বলে। যেমন– ধাতব মাধ্যম, গলিত বা দ্রবীভূত খাদ্য লবণ, এসিড মিশ্রিত পানি, ক্ষার দ্রবণ, গ্রাফাইট ইত্যাদি বিভিন্ন পরিবাহী মাধ্যম।

পরীক্ষার মাধ্যমে দেখা যায় সকল পদার্থের মধ্য দিয়ে তড়িৎ সমানভাবে পরিবাহিত হতে পারে না। প্রত্যেক পদার্থের নিজস্ব কিছু বৈশিষ্ট্য আছে যার ওপর ভিত্তি করে ঐ পদার্থের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয়। প্রকৃতপক্ষে বিভিন্ন পদার্থ বিভিন্ন পরিমাণে এবং বিভিন্ন পদ্ধতিতে তড়িৎ পরিবহন করে থাকে। তড়িৎ পরিবহনের মাত্রা ও তড়িৎ পরিবহন ক্ষমতার ওপর ভিত্তি করে পরিবাহীকে প্রধানত তিনটি ভাগে ভাগ করা যায়। যথা :

১. সুপরিবাহী (Good conductor), ২. কুপরিবাহী (Bad conductor) এবং ৩. অপরিবাহী (Non conductor)।

১. **সুপরিবাহী :** এ জাতীয় মাধ্যমের ভিতর দিয়ে খুব সহজেই ইলেকট্রন পরিবাহিত হয়ে থাকে। যেমন : তামা, অ্যালুমিনিয়াম, লোহা, দস্তাসহ সকল ধাতু, এসিড মিশ্রিত পানি, ক্ষার দ্রবণ, লবণের দ্রবণ ইত্যাদি।

২. **কুপরিবাহী :** এ জাতীয় মাধ্যমে ইলেকট্রনের প্রবাহ ঘটে তবে খুবই স্বল্প মাত্রায়। যেমন, গ্রাফাইট।

৩. **অপরিবাহী :** এ জাতীয় মাধ্যমের মধ্য দিয়ে ইলেকট্রন আদৌ চলাচল করতে পারে না। যেমন– কাচ, রাবার, পেট্রোল, চিনি ইত্যাদি।



চিত্র ৪.১ : ধাতব তার (সুপরিবাহী)



চিত্র ৪.২ : গ্রাফাইট (কুপরিবাহী)

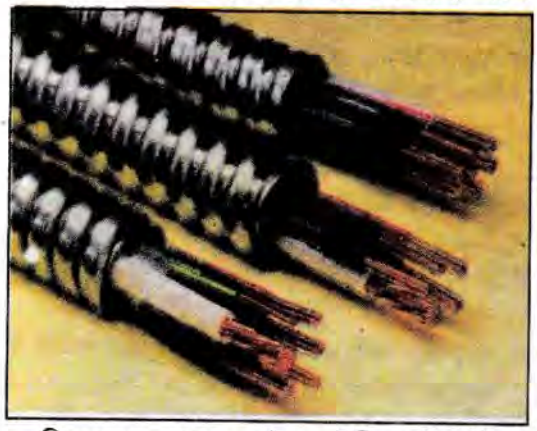


চিত্র ৪.৩ : পোর্সেলিন (অপরিবাহী)

তবে তড়িৎ পরিবহনের পদ্ধতি তথা পরিবহনের কৌশলের ওপর ভিত্তি করে তড়িৎ পরিবাহীকে দুভাগে ভাগ করা যায়। যেমন– (ক) ধাতব পরিবাহী বা ইলেকট্রনীয় পরিবাহী (Metalic electronic conductors), (খ) তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহী বা ইলেকট্রোলাইটিক পরিবাহী (Electrolytic conductors).

ক. ধাতব বা ইলেকট্রনীয় পরিবাহী (Metalic electronic conductors) :

যেসব পদার্থের মধ্য দিয়ে ইলেকট্রন প্রবাহের মাধ্যমে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয় তাদের ধাতব বা ইলেকট্রনীয় পরিবাহী বলে। প্রকৃতপক্ষে ধাতুতে ইলেকট্রনের সাহায্যে তড়িতের এ জাতীয় পরিবাহিতা ঘটে। এক্ষেত্রে ইলেকট্রন এক স্থান হতে অন্য স্থানে চলাচল করে। অর্থাৎ ধাতব পরিবাহীতে তড়িৎ বা বৈদ্যুতিক চার্জ চলমান ইলেকট্রন দ্বারা পরিবাহিত হয় কিন্তু ধাতুর মূল অংশ নিউক্লিয়াসে স্থির থাকে। যে কারণে পদার্থের মূল গঠনের কোনো পরিবর্তন ঘটে না। ধাতুর এক পরমাণু হতে অপর পরমাণুতে ইলেকট্রনের চলাচলের মাধ্যমে তড়িৎ প্রবাহিত হয় বলে ধাতব পরিবাহীকে ইলেকট্রনীয় পরিবাহী বলে। যেমন– কপার, অ্যালুমিনিয়াম, লোহা, সিলভার, দস্তাসহ সব ধাতব পদার্থ এবং ধাতুসংকর এ শ্রেণির মধ্যে পড়ে। যেহেতু ইলেকট্রনীয় পদ্ধতিতে পদার্থের কোনোরূপ পরিবর্তন ঘটে না তাই এটি একটি ভৌত প্রক্রিয়া। তবে একটি কথা না বললেই নয় যে, তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে ধাতব পরিবাহীর তড়িৎ পরিবহন ক্ষমতার হ্রাস ঘটে।



চিত্র ৪.৪ : ধাতব বা ইলেকট্রনীয় পরিবাহী

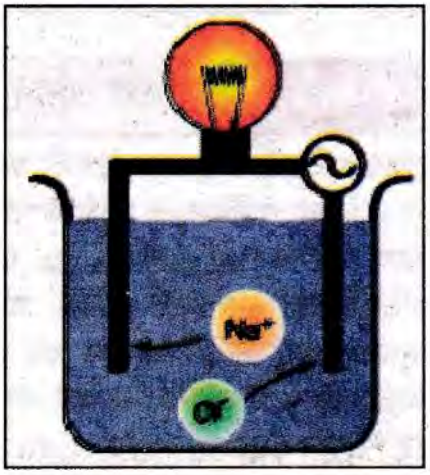
ধাতব পরিবহনের বৈশিষ্ট্য :

১. এটি একটি ভৌত পরিবর্তন পদ্ধতি।
২. এ ধরনের তড়িৎ পরিবহন ধাতু বা ধাতুর সংকরের মধ্য দিয়ে ঘটে।
৩. কোনো রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে না।
৪. ইলেকট্রন অত্যন্ত ক্ষুদ্র কণা ও হালকা বলে খুব দ্রুত মাধ্যমে চলাচল করতে পারে। ফলে এ জাতীয় পরিবাহীর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ ক্ষমতা সবচেয়ে বেশি।
৫. এসব পরিবাহীর ক্ষেত্রে ওহমের সূত্র প্রযোজ্য।
৬. তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে তড়িৎ পরিবহন ক্ষমতার হ্রাস ঘটে।

মনে রাখবে : ধাতব পদার্থের মধ্য দিয়ে তড়িৎপ্রবাহ ঘটে ইলেকট্রন প্রবাহের মাধ্যমে। ধাতব মৌলের পরমাণুগুলোর সর্ববহিঃস্থ কক্ষে অসংখ্য মুক্ত ইলেকট্রন থাকে। উপযুক্ত বিভব বৈষম্য প্রয়োগ করলে এ মুক্ত ইলেকট্রনগুলো ধাতব পরমাণুগুলোর মধ্যদিয়ে প্রবাহিত হয়। পারদ তরল মৌলিক পদার্থ হলেও এর মধ্য দিয়ে ইলেকট্রনের প্রবাহ ঘটে। গ্রাফাইট অধাতব কঠিন মৌল হলেও তার মধ্যদিয়ে ইলেকট্রনের প্রবাহ ঘটে।

খ. তড়িৎবিশ্লেষ্য পরিবাহী (Electrolytic conductors) :

যেসব যৌগ কোনো উপযুক্ত দ্রাবকে দ্রবীভূত বা বিগলিত অবস্থায় তড়িৎ প্রবাহের প্রভাবে বিশ্লিষ্ট হওয়ার ফলে উৎপন্ন আয়ন দ্বারা তড়িতের পরিবহন ঘটে এবং একই সাথে রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে, তাদেরকে তড়িৎবিশ্লেষ্য পরিবাহী বলা হয়ে থাকে। উদাহরণস্বরূপ সব আয়নিক যৌগ; কিছু পোলার সমযোজী যৌগ গলিত অবস্থায় ও জলীয় দ্রবণে তড়িৎবিশ্লেষ্য পরিবাহী হয়। NaCl, HCl, NaOH, $CuSO_4$ প্রভৃতি যৌগের দ্রবণ এ জাতীয় পরিবাহী।



চিত্র ৪.৫ : তড়িৎবিশ্লেষ্য পরিবাহী

তড়িৎবিশ্লেষ্য পরিবাহীর বৈশিষ্ট্য :

১. এসিড, ক্ষারক ও লবণ জাতীয় পদার্থসমূহ গলিত অবস্থায় অথবা উপযুক্ত দ্রাবকে দ্রবীভূত অবস্থায় উৎপন্ন আয়নের সাহায্যে তড়িৎ পরিবহন করে।
২. তড়িৎ প্রবাহকালে অ্যানোড তড়িৎদ্বারে জারণ ও ক্যাথোড তড়িৎদ্বারে বিজারণ ঘটে। অর্থাৎ তড়িৎ পরিবহনের ফলে পদার্থের রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে।
৩. আয়নের চলাচলের মাধ্যমে তড়িৎ পরিবাহিত হয় বলে এ পদ্ধতিতে তড়িৎ পরিবহনের সাথে সাথে পদার্থের স্থানান্তর ঘটে থাকে।
৪. উত্তপ্ত অবস্থায় পরিবাহীতে তড়িৎ পরিবহনের ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়।
৫. এ জাতীয় পরিবাহীর ক্ষেত্রে ফ্যারাডের সূত্র প্রযোজ্য।
৬. একই আয়ন প্রভাবের কারণে তড়িৎ বিশ্লেষ্যের তড়িৎ বিয়োজন মাত্রা হ্রাস পায়। ফলে তড়িৎ পরিবাহিতা হ্রাস পায়।

মনে রাখবে : ১. ধাতুর Crystal lattice এ উপস্থিত মুক্ত ইলেকট্রনগুলো তড়িৎ পরিবহনে অংশগ্রহণ করে। আয়নিক যৌগের কেলাসে কোনো মুক্ত ইলেকট্রন থাকে না। ফলে আয়নিক যৌগে ইলেকট্রন দ্বারাও তড়িৎ পরিবাহিত হয় না। আয়নিক যৌগের কেলাসের মধ্যে বিপরীতধর্মী আয়নগুলো পরস্পরের সাথে স্থির তড়িৎ আকর্ষণ বল দ্বারা সুনির্দিষ্ট স্থানে সুদৃঢ়ভাবে আবদ্ধ থাকে। ফলে আয়নগুলো চলাচল করতে পারে না এবং তড়িৎ পরিবহন করতে পারে না।

২. লঘু H_2SO_4, গাঢ় H_2SO_4 অপেক্ষা অধিক তড়িৎ পরিবাহী। মূলত আয়নের সাহায্যে তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থ তড়িৎ পরিবহন করে। কোনো তড়িৎবিশ্লেষ্য জলীয় দ্রবণে যত লঘু হয়, অণুগুলো তত অধিক সংখ্যায় বিয়োজিত হয়ে আয়নে পরিণত হয়। এ কারণে H_2SO_4 জলীয় দ্রবণে যত লঘু হয় তার অণুগুলো তত বেশি সংখ্যায় বিয়োজিত হয়ে H^+ ও SO_4^{2-} আয়ন উৎপন্ন করবে। গাঢ় H_2SO_4, লঘু H_2SO_4 এর তুলনায় কম সংখ্যায় আয়নিত হয়। যেহেতু লঘু H_2SO_4 এর আয়নিত হয়ে H^+ ও SO_4^{2-} আয়নের সংখ্যা গাঢ় H_2SO_4 এর তুলনায় অধিক, সেজন্য লঘু H_2SO_4, গাঢ় H_2SO_4 অপেক্ষা অধিক তড়িৎ পরিবাহী।

ধাতব পরিবাহী ও তড়িৎবিশ্লেষ্য পরিবাহীর মধ্যে তুলনা (Comparison between metalic and electrolytic conductors) :

ধাতব পরিবাহী	তড়িৎবিশ্লেষ্য পরিবাহীর
১. ইলেকট্রনের প্রবাহের ফলে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয়।	১. আয়নের প্রবাহের মাধ্যমে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয়।
২. কোনো ধরনের রাসায়নিক বিক্রিয়া তথা রাসায়নিক পরিবর্তন সংঘটিত হয় না।	২. অবশ্যই রাসায়নিক বিক্রিয়া তথা রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে।
৩. কঠিন অথবা তরল উভয় অবস্থাতেই তড়িৎ পরিবহনের ক্ষমতা রাখে।	৩. শুধুমাত্র গলিত অথবা পানিতে দ্রবীভূত অবস্থায় তড়িৎ পরিবহন করে। কঠিন অবস্থায় তড়িৎ পরিবহন করে না।
৪. জড়বস্তুর স্থানান্তর ঘটে না।	৪. জড়বস্তুর স্থানান্তর ঘটে।
৫. ফ্যারাডের সূত্র কোনোভাবেই প্রযোজ্য হয় না।	৫. ফ্যারাডের সূত্র প্রযোজ্য।
৭. তাপমাত্রার বৃদ্ধি ঘটালে রোধ বৃদ্ধি পায়। ফলে তড়িৎ প্রবাহমাত্রার হ্রাস ঘটে। ব্যতিক্রম গ্রাফাইট, গ্যাস কার্বন।	৭. তাপমাত্রার বৃদ্ধি ঘটালে রোধ হ্রাস পায়। ফলে তড়িৎ প্রবাহের বৃদ্ধি ঘটে।
৮. একটি সুনির্দিষ্ট বিভব বৈষম্যের জন্য প্রবাহমাত্রা বেশি।	৮. বিভব বৈষম্যের জন্য প্রবাহমাত্রা অপেক্ষাকৃত কম।

৪.২ ধাতব পরিবাহী ও তড়িৎবিশ্লেষ্যের মধ্যে পার্থক্য

ধাতব পরিবাহী : ধাতব পরিবাহী মাধ্যমের ভিতর দিয়ে ইলেকট্রন এক প্রান্ত থেকে অপর প্রান্তে পরিবাহিত হয়। এ জাতীয় ইলেকট্রনের পরিবহনের ফলে উপাদানের রাসায়নিক ধর্মের কোনো পরিবর্তন ঘটে না শুধুমাত্র তাপমাত্রার পরিবর্তন ঘটে থাকে। যেমন : Al, Ag, Au, Zn, Fe, Cu ইত্যাদি ধাতব পরিবাহী মাধ্যম।

তড়িৎবিশ্লেষ্য : পানিতে এসিড, ক্ষার বা লবণ দ্রবীভূত করলে পানির দ্বিমেরু ভ্রামকের মান পূর্ণমাত্রায় প্রকাশ পায়। এ অবস্থায় পানি দ্রবণে পরিণত হয় এবং তড়িৎ পরিবহন করে। এ জাতীয় তড়িৎ পরিবহনের ফলে দ্রবীভূত দ্রবগুলোর রাসায়নিক ধর্মের পরিবর্তন ঘটে এবং নতুন পদার্থের সৃষ্টি হয় এ জাতীয় পরিবাহী পদার্থগুলোকে তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থ বলা হয়। যেমন $CuSO_4$, NaCl, $AgNO_3$, $Ni(NO_3)_2$, HCl, H_2SO_4, KOH ইত্যাদি।

১. ধাতব পরিবাহীর ক্ষেত্রে ধাতব পাতের ভিতর দিয়ে ইলেকট্রন সঞ্চালন দ্বারা তড়িৎ প্রবাহের উদ্ভব ঘটে।	১. তড়িৎবিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে দ্রবণের মধ্যের আয়নের সঞ্চালন দ্বারা তড়িৎ প্রবাহ সম্পন্ন হয়।
২. ধাতব পরিবাহীতে তড়িৎ পরিবহনের সময় কোনো ধরনের রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত হয় না। তবে তাপমাত্রার বৃদ্ধি ঘটে মাধ্যম উত্তপ্ত হয়।	২. তড়িৎবিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহের ক্ষেত্রে তড়িৎবিশ্লেষ্যের উপাদানের বিয়োজন ঘটে এবং বিক্রিয়ার ফলে নতুন উপাদানের সৃষ্টি হয়।
৩. ধাতব পরিবাহীর ক্ষেত্রে ইলেকট্রনের প্রবাহ পরিবাহী মাধ্যমের যে দিকে ঘটে তড়িৎ প্রবাহ ঠিক তার বিপরীত দিকে ঘটে থাকে। অর্থাৎ ইলেকট্রনের প্রবাহ ও তড়িৎ প্রবাহ পরস্পর সম্পূর্ণ বিপরীতমুখী।	৩. তড়িৎবিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে দ্রবণের মধ্যে আয়নের প্রবাহ যেদিকে তড়িৎ প্রবাহও ঐ একই দিকে ঘটে।
৪. ধাতব পরিবাহিতার ক্ষেত্রে তাপমাত্রার বৃদ্ধি ঘটলে তড়িৎ পরিবাহিতার হ্রাস ঘটে এবং তাপমাত্রার হ্রাস ঘটলে পরিবাহিতার বৃদ্ধি ঘটে। অর্থাৎ পরিবাহিতা ও তাপমাত্রা বিপরীত।	৪. তাপমাত্রার বৃদ্ধি পেলে আয়নগুলোর চলাচল কয়েক গুণ বেড়ে যায় ফলে পরিবাহিতে প্রবাহিত তড়িতের পরিবাহিতার বৃদ্ধি ঘটে। একইভাবে তাপমাত্রার হ্রাস ঘটলে পরিবাহিতার হ্রাস ঘটে।
৫. ধাতব পরিবাহিতার ক্ষেত্রে বাহ্যিক চাপের তেমন কোনো প্রভাব দেখা যায় না।	৫. তড়িৎবিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে বাহ্যিক চাপের বৃদ্ধি ঘটালে তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায়।

তড়িৎবিশ্লেষ্যের পরিবাহিতা : আমরা পূর্বেই জেনেছি তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থগুলো পানি বা অন্য বিশেষ কোনো দ্রাবকে দ্রবীভূত অবস্থায় বা গলিত অবস্থায় তড়িৎ পরিবহন করে এবং তড়িৎ পরিবহনের ফলে বিয়োজিত হয়ে নতুন পদার্থের সৃষ্টি করে। তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থগুলো দ্রবণে দ্রবীভূত হয়ে অথবা গলিত অবস্থায় আয়নে পরিণত হয়। উৎপন্ন আয়নগুলো

মনে রাখবে : উৎস থেকে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করলে ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারে যত সংখ্যক ইলেকট্রনের গ্রহণ ঘটে, অ্যানোড তড়িদ্দ্বারে ঠিক সমান সংখ্যক ইলেকট্রনের বর্জন ঘটে। তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় তড়িৎবিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়ে ক্যাথোড থেকে অ্যানোডের দিকে ইলেকট্রন প্রবাহিত হয়। এজন্য তড়িতের প্রবাহ ঘটে অ্যানোড তড়িদ্দ্বার থেকে ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারের দিকে।

উদাহরণস্বরূপ, গলিত অবস্থায় NaCl বিয়োজিত হয়ে Na^+ আয়ন ও Cl^- আয়ন উৎপন্ন করে। গলিত NaCl এর মধ্যে Pt তড়িদ্দ্বার স্থাপন করে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করলে, ক্যাটায়ন Na^+ আয়ন ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারের সংস্পর্শে আসে এবং অ্যানায়ন Cl^- আয়ন অ্যানোড তড়িদ্দ্বারের সংস্পর্শে আসে। ক্যাটায়ন Na^+ আয়ন ইলেকট্রনকে গ্রহণ করে বিজারিত হয়ে Na পরমাণুতে পরিণত হয়। অ্যানায়ন Cl^- আয়ন ইলেকট্রনকে দান করে জারিত হয়ে Cl পরমাণুতে পরিণত হয়।

$$NaCl_{(s)} \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$$

ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারে : $Na^+ + e \rightarrow Na$ (বিজারণ ক্রিয়া)

অ্যানোড তড়িদ্দ্বারে : $Cl^- - e \rightarrow Cl^-$ (জারণ ক্রিয়া)

তড়িৎ বিশ্লেষণের ক্ষেত্রে প্রভাব সৃষ্টিকারী নিয়ামকসমূহ (Factors affecting Electrolysis) : তড়িৎ বিশ্লেষণের ক্ষেত্রে বিশেষ কতগুলো নিয়ামক আছে যা তড়িৎ বিশ্লেষণ প্রক্রিয়াকে প্রভাবিত করে। নিয়ামকগুলো হলো– ১. দ্রবণের ঘনমাত্রা, ২. তড়িদ্দ্বারের প্রকৃতি, ৩. তাপমাত্রা।

১. দ্রবণের ঘনমাত্রা : দ্রবণের ঘনমাত্রার উপর তড়িৎ বিশ্লেষণ নির্ভর করে তড়িৎবিশ্লেষ্য দ্রবণের মধ্যে দুটি বিপরীত আধানযুক্ত আয়ন তড়িদ্দ্বারের সংস্পর্শে এসে আধান প্রশমিত হয়। আয়নের আধান প্রশমিত হওয়ার ক্ষমতা দ্রবণের ঘনমাত্রার উপর নির্ভর করে। দ্রবণের মধ্যে আয়নের ঘনমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে আয়নের আধান প্রশমিত হওয়ার প্রবণতা বৃদ্ধি পায়। উদাহরণস্বরূপ : HCl এর লঘু দ্রবণের ক্ষেত্রে :

$$HCl_{(\ell)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$
$$H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

সুতরাং HCl এর জলীয় দ্রবণের মধ্যে H^+, Cl^- ও OH^- আয়ন উপস্থিত থাকে। Cl^- ও OH^- আয়নের ক্ষেত্রে সক্রিয়তার সিরিজে Cl^- আয়নের অবস্থান OH^- আয়নের উপরে হওয়ায় অ্যানোড তড়িদ্দ্বারে OH^- আয়ন Cl^- আয়নের পূর্বেই আধান প্রশমিত হয়।

ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারে : $4H^+ + 4e \rightarrow 4(H) \rightarrow 2H_2(g)$

অ্যানোড তড়িদ্দ্বারে : $4OH^- - 4e \rightarrow 4(OH) \rightarrow 2H_2O_{(\ell)} + O_2(g)$

কিন্তু HCl এর ঘন দ্রবণের ক্ষেত্রে অ্যানোড তড়িদ্দ্বারে Cl^- আয়ন আধান প্রশমিত হয়ে Cl_2 গ্যাস উৎপন্ন করে। অর্থাৎ বিপরীত বিক্রিয়া ঘটে। এক্ষেত্রে HCl দ্রবণের ঘনমাত্রা তড়িৎ বিশ্লেষণ প্রক্রিয়াকে প্রভাবিত করে।

২. তড়িদ্দ্বারের প্রকৃতি : তড়িদ্দ্বারের প্রকৃতির উপর তড়িৎ বিশ্লেষণ প্রক্রিয়া নির্ভর করে থাকে। তড়িদ্দ্বার পরিবর্তিত হলে তড়িৎ বিশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় প্রকৃতি পরিবর্তিত হয়। যেমন- NaCl এর জলীয় দ্রবণে Pt তড়িদ্দ্বার ব্যবহার করে, তড়িৎ প্রবাহ চালনা করলে ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারে H^+ আয়ন আধান প্রশমিত হয়।

$$NaCl_{(s)} \rightleftharpoons Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$
$$H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারে (Pt) : $2H^+ + 2e \rightarrow 2[H] \rightarrow H_2(g)$

অ্যানোড তড়িদ্দ্বারে : $2Cl^- - e \rightarrow 2(Cl) \rightarrow Cl_2(g)$

কিন্তু ক্যাথোড তড়িদ্দ্বার হিসেবে যদি Hg কে ব্যবহার করা হয় তবে সেক্ষেত্রে H^+ আয়ন আধান প্রশমিত না হয়ে Na^+ আয়ন আধান প্রশমিত হয়ে Na – Hg উৎপন্ন করে।

ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারে (Hg) : $Na^+ + Hg + e \rightarrow NaHg$

অ্যানোড তড়িদ্দ্বারে : $Cl^- - e \rightarrow \frac{1}{2}Cl_2$

আবার তড়িৎবিশ্লেষ্য $CuSO_4$ এর জলীয় দ্রবণে Cu ধাতু ক্যাথোড ও Pt পাতকে অ্যানোড তড়িদ্দ্বার হিসেবে ব্যবহার করে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করলে ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারে Cu ধাতু জমা হলেও অ্যানোড তড়িদ্দ্বারে O_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$CuSO_{4(s)} \rightleftharpoons Cu^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$$
$$H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারে (Cu) : $Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu$

অ্যানোড তড়িদ্দ্বারে (Pt) : $2OH^- \rightarrow H_2O + {}^1/_2\, O_2 + 2e.$

কিন্তু ঐ একই তড়িৎবিশ্লেষ্যে ক্যাথোড তড়িদ্দ্বার হিসেবে বিশুদ্ধ Cu পাত ও অ্যানোড তড়িৎ হিসেবে ভেজাল যুক্ত Cu পাতকে ব্যবহার করলে ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারে Cu ধাতু জমা হলেও অ্যানোড তড়িদ্দ্বারে Cu ধাতুর ক্ষয় হয়।

ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারে (Cu) : $Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu$

অ্যানোড তড়িদ্দ্বারে (Cu) : $Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e$

৪.৩ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের পরিবাহিতা (Conductance of Electrolyties)

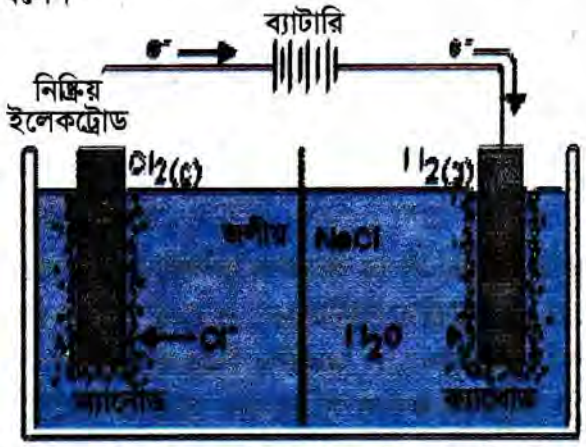
আয়নিক যৌগের বিগলিত অথবা দ্রবীভূত অবস্থায় তড়িৎ প্রবাহ চালনা করলে যৌগের বিয়োজন ঘটে। আবার এসিড, ক্ষারক বা লবণের জলীয় দ্রবণের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত করলে রাসায়নিক বিয়োজন ঘটে। যেসব পদার্থের জলীয় দ্রবণের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত করলে রাসায়নিক বিয়োজন ঘটে তাকে তড়িৎ বিশ্লেষ্য এবং তড়িৎ বিশ্লেষ্যের দ্রবণের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ চালনার ফলে যে রাসায়নিক বিয়োজন ঘটে তাকে তড়িৎ বিশ্লেষণ বলে।

তড়িৎ বিশ্লেষ্যের দ্রবণ পরিবাহীর তড়িৎ পরিবহন ক্ষমতা খুবই কম। আবার সব তড়িৎ বিশ্লেষ্য সমানভাবে সমান মাত্রায় বিদ্যুৎ পরিবহন করে না। যেমন– পানিতে জৈব এসিড বা ক্ষারের দ্রবণে তড়িৎ পরিবহন ক্ষমতা কম। এজন্য এদেরকে মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য বলা হয়ে থাকে। অন্যদিকে খনিজ এসিড, লবণ বা ক্ষার বা মৃৎক্ষার ধাতুর হাইড্রক্সাইডের দ্রবণের ক্ষেত্রে তড়িৎ প্রবাহের ক্ষমতা ও মাত্রা বেশি বলে এদেরকে তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য বলা হয়ে থাকে। কিন্তু চিনি, ইউরিয়া, গ্লুকোজ প্রভৃতি পদার্থের জলীয় দ্রবণ তড়িৎ পরিবহন করে না বলে এদেরকে অতড়িৎ বিশ্লেষ্য বলে।

তাহলে আলোচনা হতে বোঝা গেল তড়িৎ বিশ্লেষ্যের দ্রবণের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহ চালনা করলে তা বিয়োজিত হয়। তড়িৎ প্রবাহ বন্ধ করা হলে সাথে সাথে বিয়োজনও থেমে যায়। অর্থাৎ বিষয়টি দাঁড়ায় এরকম যে, বিয়োজনের পরিমাণের সাথে বিদ্যুৎ প্রবাহের পরিমাণের একটা সম্পর্ক আছে। তড়িৎ বিশ্লেষণে তড়িৎ শক্তিকে রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তরিত করা হয়। **মজার ব্যাপার হলো তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় গলিত বা দ্রবীভূত পদার্থে সরাসরি বিদ্যুৎ প্রয়োগ করা যায় না। এজন্য কোনো তড়িৎ বর্তনী গঠনের প্রয়োজন পড়ে।** তড়িৎ কোষের তরল বা দ্রবীভূত তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের মধ্যে দুটি ধাতব পাত বা দণ্ড নিমজ্জিত করা হয়। এ দণ্ডদ্বয়কে তড়িৎদ্বার বলে। এ তড়িৎদ্বার দুটির একটি দিয়ে ইলেকট্রন ব্যাটারি হতে দ্রবণে প্রবেশ করে এবং অন্যটি দিয়ে ইলেকট্রন দ্রবণ হতে বের হয়ে যায়। যে তড়িৎদ্বারটি ব্যাটারির ঋণাত্মক (–Ve) প্রান্তের সাথে যুক্ত থাকে এবং যার মাধ্যমে ইলেকট্রন ব্যাটারি থেকে দ্রবণে প্রবেশ করে, তাকে ঋণাত্মক তড়িৎদ্বার বা ক্যাথোড বলা হয়ে থাকে। অন্যদিকে যে তড়িৎদ্বার ব্যাটারির ধনাত্মক (+Ve) প্রান্তের সাথে যুক্ত থাকে এবং যার মাধ্যমে ইলেকট্রন দ্রবণ ছেড়ে চলে যায়, তাকে ধনাত্মক তড়িৎদ্বার বা অ্যানোড বলে।

এতোসব তড়িৎদ্বারের বিষয় কিন্তু তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ। তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবীভূত বা গলিত অবস্থায় দুটি আয়ন যথা ধনাত্মক চার্জযুক্ত আয়ন, **ক্যাটায়ন** এবং ঋণাত্মক চার্জযুক্ত আয়ন, **অ্যানায়ন** সৃষ্টি করে থাকে। তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষে ক্যাটায়ন ক্যাথোড কর্তৃক আকৃষ্ট হয় এবং অ্যানায়ন অ্যানোড কর্তৃক আকৃষ্ট হয়।

উদাহরণস্বরূপ একটি এসিড ও তড়িৎরোধী পাত্রে NaCl এর অতি গাঢ় দ্রবণকে নিয়ে অ্যানোড ও ক্যাথোড তড়িৎদ্বার স্থাপন করে তড়িৎ কোষের সাহায্যে পূর্ণ বর্তনী সম্পন্ন করা হয়। এ অবস্থায় তড়িৎ প্রবাহ চালনা করলে দেখা যায় যে, অ্যানোড বা ধনাত্মক তড়িৎদ্বারে Cl_2 গ্যাস এবং ক্যাথোড বা ঋণাত্মক তড়িৎদ্বারে Na ধাতু জমা হয়।



চিত্র ৪.৭ : বিগলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ বিশ্লেষণ

ক্যাথোডের বিক্রিয়া : ক্যাথোড তড়িৎদ্বার ধনাত্মক Na^+ আয়নগুলোকে আকর্ষণ করে। ফলে Na^+ আয়ন ক্যাথোডে এসে ইলেকট্রন গ্রহণ করে Na পরমাণুতে পরিণত হয়। এ Na পরমাণুগুলো একত্রিত হয়ে Na ধাতু হিসেবে ক্যাথোডে জমা হয়।

$Na^+ + e \longrightarrow Na.$ (বিজারণ)

অ্যানোডের বিক্রিয়া : অ্যানোড তড়িৎদ্বারে ঋণাত্মক ক্লোরাইড (Cl^-) আয়নগুলো ইলেকট্রন ত্যাগ করে ক্লোরিন পরমাণুতে পরিণত হয়। ক্লোরিন পরমাণুগুলো একত্রিত হয়ে ক্লোরিন অণুতে পরিবর্তিত হয়ে Cl_2 গ্যাস হিসেবে অ্যানোড তড়িৎদ্বার হতে নির্গত হয়।

$Cl^- - e \longrightarrow \frac{1}{2} Cl_2$ (জারণ); $\quad \frac{1}{2} Cl_2 + \frac{1}{2} Cl_2 \longrightarrow Cl_2$

এভাবে অ্যানোড তড়িৎদ্বারে দানকৃত ইলেকট্রনের সংখ্যা এবং ক্যাথোড তড়িৎদ্বারে গ্রহণকৃত ইলেকট্রন সংখ্যা সবসময় অভিন্ন থাকে।

ফলাফলের আলোচনা : 1F তড়িৎ, তড়িদ্‌দ্বারে এক গ্রাম তুল্যাঙ্ক পরিমাণ মৌল উৎপন্ন করে। এর অর্থ তড়িৎবিশ্লেষ্য থেকে উৎপন্ন ক্যাটায়ন, তড়িৎবিশ্লেষ্যের মধ্যদিয়ে 1 F পরিমাণ তড়িৎ পরিবহন করে ক্যাথোডে আসে। সেখানে 1F পরিমাণ ঋণাত্মক আধান যুক্ত ইলেকট্রন গ্রহণ করে ক্যাথোড তড়িদ্‌দ্বারে এক গ্রাম তুল্যাঙ্ক পরিমাণ আধান নিরপেক্ষ মৌল উৎপন্ন করে। এক্ষেত্রে ইলেকট্রনের ভর খুবই নগণ্য হওয়ায় এক গ্রাম তুল্যাঙ্ক পরিমাণ আধান যুক্ত মৌল এবং ঐ একই পরিমাণ আধান নিরপেক্ষ মৌল যা ক্যাটায়ন থেকে উৎপন্ন হয় তার ভর অভিন্ন হয়। সুতরাং এক গ্রাম তুল্যাঙ্ক পরিমাণ আধান নিরপেক্ষ মৌলের ভর = এক গ্রাম তুল্যাঙ্ক পরিমাণ ক্যাটায়নের ভর।

তাহলে নিশ্চয়ই বলা যায় যে, এক গ্রাম তুল্যাঙ্ক পরিমাণ ক্যাটায়ন ধনাত্মক তড়িতের পরিমাণ 1F এবং ও 1F পরিমাণ ঋণাত্মক আধানযুক্ত ইলেকট্রন গ্রহণ করে ক্যাথোডে এক গ্রাম তুল্যাঙ্ক পরিমাণ আধান নিরপেক্ষ মৌল উৎপন্ন করবে।

অনুরূপভাবে এক গ্রাম তুল্যাঙ্ক পরিমাণ অ্যানায়নে ঋণাত্মক তড়িতের পরিমাণ 1F এবং এ 1F পরিমাণ ঋণাত্মক আধান যুক্ত ইলেকট্রন ত্যাগ করে অ্যানোড তড়িদ্‌দ্বারে এক গ্রাম তুল্যাঙ্ক পরিমাণ আধান নিরপেক্ষ মৌল উৎপন্ন করে। সুতরাং এক গ্রাম তুল্যাঙ্ক পরিমাণ আধান নিরপেক্ষ মৌলের ভর = এক গ্রাম তুল্যাঙ্ক পরিমাণ অ্যানায়নের ভর।

অবশ্যই মনে রাখবে : অ্যানোডে জারণ ঘটে এবং এর মাধ্যমে ইলেকট্রন তড়িৎ কোষ ত্যাগ করে। ক্যাথোডে বিজারণ ঘটে এবং এর মাধ্যমে ব্যাটারি থেকে ইলেকট্রন কোষে প্রবেশ করে।

চিন্তা করে উত্তর দাও – ৪.১ :

১. সব তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ তড়িৎ পরিবাহী হলেও সব পরিবাহী তড়িৎ বিশ্লেষ্য নয় কেন?
২. পানিতে তড়িৎ বিশ্লেষণের ক্ষেত্রে সামান্য এসিড যোগ করার প্রয়োজন পড়ে কেন?
৩. তরল HCl তড়িৎ অপরিবাহী কিন্তু HCl এর জলীয় দ্রবণ সহজেই তড়িৎ পরিবাহী হয় কেন?
৪. তড়িৎ বিশ্লেষণের বিপরীত ঘটনা কী?
৫. লঘু H_2SO_4, গাঢ় H_2SO_4 অপেক্ষা অধিক তড়িৎ পরিবাহী কেন?

৪.৩.১ | তড়িৎ বিশ্লেষণে প্রভাব সৃষ্টিকারী নিয়ামকসমূহ (Influencial factors in Electrolysis)

বেশ কিছু নিয়ামক বিশেষ করে নিচে উল্লিখিত দুটি নিয়ামক তড়িৎ বিশ্লেষণ প্রক্রিয়াকে প্রভাবিত করে থাকে।

(ক) তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের ঘনমাত্রা (খ) ইলেকট্রোডের প্রকৃতি।

(ক) তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের ঘনমাত্রা : দ্রবণে কোনো এক বিশেষ আয়নের ঘনমাত্রা বেশি থাকলে সেই আয়নটির চার্জমুক্ত হওয়ার প্রবণতা অপর আয়নের তুলনায় অধিক থাকে। যেমন– NaCl ও HCl(aq) এর লঘু দ্রবণে Na^+ ও Cl^- আয়ন এবং H^+ ও Cl^- ব্যতীত পানির H^+ ও OH^- আয়ন থাকে। এ দ্রবণকে তড়িৎ বিশ্লেষণ করলে তড়িৎ রাসায়নিক সারিতে OH^- আয়নের অবস্থান Cl^- আয়নের নিচে হওয়ায় Cl^- আয়নের পূর্বেই OH^- আয়ন চার্জ মুক্ত হয়। কিন্তু NaCl এর ঘন দ্রবণে তড়িৎ বিশ্লেষণ করলে সক্রিয়তার সারিতে অবস্থিত আয়নগুলোর সক্রিয়তার ব্যতিক্রম দেখা যায়। NaCl এর ঘন দ্রবণে Cl^- আয়নের ঘনমাত্রা OH^- আয়নের তুলনায় বেশি থাকায় Cl^- আয়ন OH^- আয়নের পূর্বেই চার্জ মুক্ত হয়ে যায়। অন্যান্য তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রেও একই নিয়ম প্রযোজ্য হয়।

(খ) ইলেকট্রোডের প্রকৃতি : ইলেকট্রোডের প্রকৃতির ওপর নির্ভর করে দ্রবণের আয়নের চার্জ বিমুক্তির ক্ষমতা। ইলেকট্রোডের ভিন্নতার কারণে আয়নের চার্জ বিমুক্তিও ভিন্ন হয়। যেমন– তুঁতের দ্রবণে কপার ইলেকট্রোড ব্যবহার করে তড়িৎ বিশ্লেষণ করলে ক্যাথোড তড়িৎদ্বারে Cu^{2+} আয়ন চার্জ বিমুক্ত হয়ে Cu ধাতুতে পরিণত হয় এবং অ্যানোড তড়িৎদ্বারে Cu ধাতু ক্ষয়প্রাপ্ত হয়ে Cu^{2+} আয়ন হিসেবে দ্রবণে দ্রবীভূত হয়। কিন্তু তুঁতের দ্রবণে প্লাটিনাম অ্যানোড ব্যবহার করে তড়িৎ বিশ্লেষণ করলে ক্যাথোড তড়িৎদ্বারে Cu^{2+} আয়ন চার্জ বিমুক্ত হলেও অ্যানোড তড়িৎদ্বারে অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।

আবার NaCl দ্রবণে Pt তড়িৎদ্বার ব্যবহার করে তড়িৎ বিশ্লেষণ করলে, ক্যাথোড তড়িৎদ্বারে Na^+ এর পরিবর্তে H^+ আয়ন চার্জ বিমুক্ত হয়। কিন্তু এক্ষেত্রে যদি Pt এর পরিবর্তে Hg কে ক্যাথোড তড়িৎদ্বার হিসেবে ব্যবহার করা হয় তবে সেক্ষেত্রে H^+ এর পরিবর্তে Na^+ চার্জ মুক্ত হয়ে Na ধাতুতে পরিণত হয়। এক্ষেত্রে Na^+, Hg এর সাথে Na.Hg নামক পারদ সংকর উৎপন্ন করে বলে Na^+ এর বিজারিত হওয়ার প্রবণতা H^+ এর তুলনায় অধিক হয়।

৪.৩.২ ফ্যারাডে (F), অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা (N) এবং ইলেকট্রনের আধান (e)-এর মধ্যে সম্পর্ক

Relation among Faraday (F), Avogadro's Number (N) and Charge of an Electron (e) :

আমরা জানি, মৌলের পারমাণবিক ভর = তুল্যভর × যোজ্যতা

বা, 1 গ্রাম-পরমাণু = তুল্যভর পরমাণু × যোজ্যতা ..... (i)

মনে কর, 1 গ্রাম-পরমাণুর মধ্যে প্রতিটি পরমাণু n সংখ্যক ইলেকট্রন গ্রহণ বা ত্যাগ করে n যোজী ঋণাত্মক বা ধনাত্মক আয়নে পরিণত হয়। ইলেকট্রনের ভর খুবই নগন্য হওয়ায় n যোজী আয়নের প্রতিটির ভর স্ব স্ব মৌলের প্রতিটি আধান নিরপেক্ষ পরমাণুর ভরের সমান হয়। এজন্য 1 গ্রাম-পরমাণু থেকে সৃষ্ট n যোজী আয়নের ভরও হবে 1 গ্রাম-আয়ন।

সুতরাং n যোজী আয়নের ক্ষেত্রে (i) নং সমীকরণ ব্যবহার করে 1 গ্রাম-আয়ন = 1 গ্রাম-তুল্য আয়ন × যোজ্যতা

∴ 1 গ্রাম-আয়নে তড়িতের পরিমাণ = 1 গ্রাম-তুল্য আয়নে তড়িতের পরিমাণ × n

কারণ n যোজী আয়নের প্রতিটির যোজ্যতা n

∴ একটি আয়নের তড়িতের পরিমাণ × এক গ্রাম-আয়নে আয়নের সংখ্যা = F (1 ফ্যারাডে) × n

কারণ 1 গ্রাম-তুল্য আয়নে তড়িতের পরিমাণ 1 F।

এখন, 1টি পরমাণু 1টি ইলেকট্রন গ্রহণ বা ত্যাগ করলে উৎপন্ন আয়নে তড়িতের পরিমাণ 1 e।

∴ 1টি পরমাণু n সংখ্যক ইলেকট্রন গ্রহণ বা ত্যাগ করলে উৎপন্ন আয়নে তড়িতের পরিমাণ ne।

ne × এক গ্রাম-আয়নের সংখ্যা = nF

আবার, অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা, N হলে এক গ্রাম-পরমাণুতে পরমাণুর সংখ্যা = N

এক গ্রাম-পরমাণুর প্রতিটি n-সংখ্যক ইলেকট্রন গ্রহণ বা ত্যাগ করে n যোজী আয়নে পরিণত হলে,

উৎপন্ন n যোজী আয়নের সংখ্যাও এক গ্রাম-আয়ন = N

∴ $ne \times N = nF$

বা, $eN = F$

$$\therefore e = \left(\frac{F}{N}\right)$$

ইলেকট্রনে তড়িতের পরিমাণ : ইলেকট্রনের আধান নির্ণয়ের জন্য $e = \frac{K}{N}$ সমীকরণ ব্যবহার করা হয়।

একটি ইলেকট্রনের আধান $e = \frac{F}{N}$ ..... (i)

এখানে, F = 1 ফ্যারাডে = 96500 কুলম্ব এবং N = অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা = 6.023×10^{23}

$$\therefore e = \frac{F}{N} = \frac{96500}{6.023 \times 10^{23}} \text{ কুলম্ব} = 1.60219 \times 10^{-19} \text{ কুলম্ব} \approx 1.602 \times 10^{-19} \text{ কুলম্ব}$$

∴ একটি ইলেকট্রনের আধান = 1.602×10^{-19} কুলম্ব

একটি ইলেকট্রনের আধান = একটি ইলেকট্রনের তড়িতের পরিমাণ

∴ একটি ইলেকট্রনের তড়িতের পরিমাণ 1.602×10^{-19} কুলম্ব।

এক মোল ইলেকট্রনের আধান নির্ণয় (Determination of the Charge of 1 mol Electron) : $e = \frac{F}{N}$ সমীকরণ ব্যবহার করে এক মোল ইলেকট্রনের আধান নির্ণয় করা যায়।

এক মোল ইলেকট্রন = অ্যাভোগাড্রো সংখ্যক ইলেকট্রন = N সংখ্যক ইলেকট্রন।

সুতরাং অ্যাভোগাড্রো সংখ্যক ইলেকট্রনের আধানই 1 মোল ইলেকট্রনের আধান।

এখন, 1টি ইলেকট্রনের আধান, $e = \frac{F}{N}$

$\therefore$ N সংখ্যক ইলেকট্রনের আধান $= \frac{F}{N} \times N = F$

$\therefore$ 1 মোল ইলেকট্রনের আধান = 1 F = 96500 কুলম্ব।

$\therefore$ 1 গ্রাম-তুল্য আয়নের আধান = 1 মোল ইলেকট্রনের আধান = 1 F

= 96500 কুলম্ব

অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা নির্ণয় (Determination of Avogadro's Nubmber, N) :

$e = \frac{F}{N}$ সমীকরণ থেকে অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা, N এর মান নির্ণয় করা যায়।

আমরা জানি, 1টি ইলেকট্রনের আধান $= 1.602 \times 10^{-19}$ কুলম্ব এবং 1F = 96500 কুলম্ব।

$\therefore N = \frac{F}{e} = \frac{96500}{1.602 \times 10^{-19}} = 6.023 \times 10^{23}$

$\therefore$ অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা, $N = 6.023 \times 10^{23}$

বিভিন্ন আয়নের তড়িতের পরিমাণের তালিকা :

আয়ন	আয়নের যোজ্যতা	তড়িতের প্রকৃতি	তড়িতের পরিমাণ (কুলম্ব)
$H^+, Li^+, Na^+, K^+, Ag^+, Cu^+, Hg^+$	1	+ ve	$1 \times \frac{F}{N} = 1.602 \times 10^{-19}$
$Cl^-, Br^-, I^-, OH^-, NO_3^-$	1	− ve	$1 \times \frac{F}{N} = 1.602 \times 10^{-19}$
$Cu^{2+}, Ca^{2+}, Zn^{2+}, Ni^{2+}, Fe^{2+}, Mg^{2+}$	2	+ ve	$2 \times \frac{F}{N} = 3.204 \times 10^{-19}$
$SO_4^{2-}, SO_3^{2-}, CO_3^{2-}$	2	− ve	$2 \times \frac{F}{N} = 3.204 \times 10^{-19}$
$Fe^{3+}, Al^{3+}, Cr^{3+}$	3	+ ve	$3 \times \frac{F}{N} = 4.806 \times 10^{-19}$
N^{3-}, PO_4^{3-}	3	− ve	$3 \times \frac{F}{N} = 4.806 \times 10^{-19}$

৪.৪ ব্যবহারিক : বিভিন্ন দ্রবণের পরিবাহিতার পার্থক্য পরীক্ষা

(Conductivity Difference of different solutions)

মূলনীতি : সব তড়িৎ বিশ্লেষ্য সমানভাবে সমান মাত্রায় তড়িৎ পরিবহন করে না। পানিতে জৈব এসিড বা ক্ষারের দ্রবণে তড়িৎ পরিবহন ক্ষমতা কম। এজন্য এদের মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য, আর খনিজ এসিড লবণ, ক্ষার বা মৃৎক্ষার ধাতুর হাইড্রোক্সাইডের দ্রবণের ক্ষেত্রে তড়িৎ প্রবাহ ক্ষমতা ও মাত্রা বেশি বলে এদেরকে তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য বলা হয়ে থাকে।

এ সত্যতা নিশ্চিত হওয়ার জন্য 0.1 M ঘনমাত্রার 100 mL HCl দ্রবণ প্রস্তুত কর। HCl তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য হওয়ায় এ দ্রবণ তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্যের দ্রবণ। একইভাবে 0.1 M ঘনমাত্রার 100 mL CH_3–COOH এর দ্রবণ প্রস্তুত কর। CH_3–COOH মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য। এ দ্রবণ দুটি থেকে ভিন্ন ভিন্নভাবে 50 mL করে আলাদা ২টি বিকারে নিয়ে তাকে চিহ্নিত কর।

এখন দ্রবণের পরিবাহিতা মাপন পদ্ধতি অনুসরণ করে দ্রবণ দুটির পরিবাহিতা নির্ণয় কর এবং এ মানের তুলনা কর।

যন্ত্রপাতি : সম প্রস্থচ্ছেদবিশিষ্ট ধাতব তার, রোধ বাক্স, পরীক্ষণীয় দ্রবণ সংবলিত সেল, টেলিফোন, ইনডাকশন কয়েল, জকি ইত্যাদি।

রাসায়নিক দ্রব্য : HCl এসিড দ্রবণ ও CH_3–COOH এসিড দ্রবণ।

কাজের ধারা : এক্ষেত্রে তোমরা হুইটস্টোন ব্রিজ নীতি ব্যবহার করবে।

১. সম প্রস্থচ্ছেদবিশিষ্ট ধাতব তার AB (চিত্রে দেখ) নাও।

২. পরীক্ষণীয় দ্রবণ সংবলিত সেলটিকে চিত্রের X চিহ্নিত স্থানে যুক্ত কর।

৩. 'T' টেলিফোন ও I ইনডাকশন কয়েলকে যথানিয়মে সংযুক্ত কর। টেলিফোনের এক প্রান্ত C বিন্দুতে ও অপর প্রান্ত জকি J-এর সাথে যুক্ত কর। জকি J কে AB তারের ওপর স্থাপন কর।

৪. রোধ বক্সে রোধ সঠিকভাবে নিয়ন্ত্রিত হয় কিনা পরীক্ষা করে নাও।

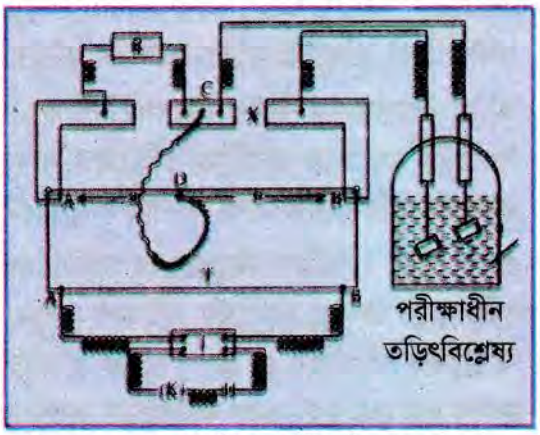
৫. সমস্ত সংযোগ পরীক্ষা করে নাও। ইনডাকশন কয়েল I হতে এ.সি বিদ্যুৎ প্রবাহ চালনা কর।

৬. রোধ বাক্স হতে উপযুক্ত প্লাগটি তুলে নাও। টেলিফোনটি কানের কাছে নাও এবং শব্দ শোনা গেলে তা শ্রবণ কর। শব্দ শোনা যাবে।

৭. জকি J কে তারের ওপর দিয়ে খুব ধীরে সাবধানে পর্যায়ক্রমে ডানে এবং বামে চালনা করে নাল বিন্দু নির্ণয় কর। টেলিফোন অবশ্যই কানে রাখবে। তারের ওপর জকির কোনো বিশেষ অবস্থানে আর কোনো শব্দ শোনা যাবে না বা খুবই ক্ষীণ শব্দ শোনা যাবে। এ বিন্দুই নাল্ বিন্দু।

৮. A প্রান্ত হতে নাল বিন্দুর দূরত্ব এবং B প্রান্ত হতে নাল বিন্দুর দূরত্ব নির্ণয় কর। ধরে নাও এ বিন্দুর দূরত্ব a′ ও b′.

৯. প্রথম তড়িৎ বিশ্লেষ্যের দ্রবণকে অপসারণ করে দ্বিতীয় তড়িৎ বিশ্লেষ্যের দ্রবণ X সেলে ব্যবহার করে একই পদ্ধতি সম্পন্ন কর।



চিত্র ৪.৮ : আপেক্ষিক পরিবাহিতা মাপন

গণনা : হুইটস্টোন ব্রিজ নীতি হতে লেখা যায়, প্রথম তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে, $\frac{\text{দ্রবণের রোধ, } X'}{\text{বাক্সের রোধ, } R'} = \frac{b'}{a'}$

$\therefore$ দ্রবণের রোধ, $X' = \frac{R' \times b'}{a'}$

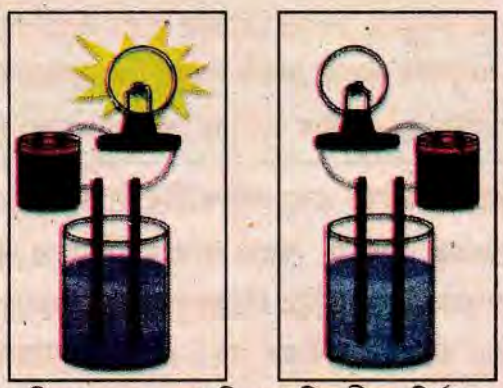
পরিবাহিতা, $C = \frac{1}{X'} = \frac{a'}{R' \times b'}$ একইভাবে দ্বিতীয় তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের পরিবাহিতা নির্ণয় করে এ দুই পরিবাহিতার মধ্যে তুলনা কর।

সাবধানতা : তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে দ্রবণের পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায়। তাই পরীক্ষার সময় উভয় দ্রবণের তাপমাত্রা অভিন্ন হওয়া প্রয়োজন।

অনেক শিক্ষা প্রতিষ্ঠানে উপরোল্লিখিত পরিবাহিতা মাপক যন্ত্রটি নাও থাকতে পারে। সেক্ষেত্রে সহজলভ্য উপকরণ ব্যবহার করে শিক্ষার্থীরা এ পরীক্ষাটির মূল উদ্দেশ্য কিছুটা হলেও সম্পন্ন করবে।

যন্ত্রপাতি : 250ml এর তিনটি বিকার, তড়িৎদ্বার (অ্যানোড ও ক্যাথোড; এক্ষেত্রে কার্বন দণ্ড ব্যবহার করা যাবে), সংযোগ তার, তিনটি ভাল্ব।

কাজের ধারা : নিচের চিত্রানুযায়ী প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি সজ্জিত করে বিকারের মধ্যে বিভিন্ন প্রকার তড়িৎ বিশ্লেষ্য ব্যবহার করে পরীক্ষাটি সম্পন্ন করবে। প্রথম পরীক্ষায় তড়িৎ বিশ্লেষ্য হিসেবে চিনির দ্রবণ, দ্বিতীয় পরীক্ষায় ভিনেগার (6–10% CH_3–COOH) এবং তৃতীয় পরীক্ষায় লঘু HCl যুক্ত NaCl দ্রবণকে ব্যবহার করবে। বর্তনী পূর্ণ করে প্রতিটি পরীক্ষায় বাল্বের আলোর উজ্জ্বলতা পরীক্ষা করে সিদ্ধান্তে উপনীত হবে।


চিত্র ৪.৯ : আপেক্ষিক পরিবাহীতা নির্ণয়

সাবধানতা : ল্যাবরেটরির শ্রেণি শিক্ষক এ বিষয়ে দিক নির্দেশনা দেবেন।

৪.৫ ফ্যারাডের প্রথম সূত্র প্রয়োগ করে তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের পরিমাণ নির্ধারণ

ইলেকট্রনের প্রবাহই তড়িৎ প্রবাহ। কোনো পদার্থের মধ্যদিয়ে তড়িৎ পরিবহনের ধর্মকে তার তড়িৎ পরিবাহিতা বলে। আর যেসব মাধ্যমে তড়িৎ প্রবাহ আয়ন দ্বারা পরিবাহিত হয় তাদেরকেই আয়নিক পরিবাহী বা তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহী বলে। প্রকৃত অর্থে যেসব যৌগ কোনো উপযুক্ত দ্রাবকে দ্রবীভূত বা বিগলিত অবস্থায় তড়িৎ প্রবাহের প্রভাবে বিশ্লিষ্ট হওয়ার ফলে উৎপন্ন আয়ন দ্বারা তড়িৎ পরিবহন করে এবং একই সাথে রাসায়নিক বিক্রিয়াও ঘটায়, তাদের তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহী বলে। বিজ্ঞানী ফ্যারাডে সর্বপ্রথম এ ধরনের পরিবাহী উদ্ভাবন করেন। যেমন– এসিড ও ক্ষারকের দ্রবণ, গলিত লবণ ও লবণের দ্রবণ ইত্যাদি। আবার সিলভার, অ্যালুমিনিয়াম তার, কপার তার প্রভৃতির মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ চালিত হলে সেখানে কোনো রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে না। কিন্তু বিগলিত অথবা দ্রবীভূত অবস্থায় তড়িৎ প্রবাহ দ্বারা কোনো যৌগের বিয়োজন ঘটানো যায়। তড়িৎ প্রবাহ পরিচালনা করলে যদি মাধ্যমের রাসায়নিক বিয়োজন ঘটে তবে তাকে তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ এবং তড়িৎ প্রবাহের ফলে যে রাসায়নিক বিয়োজন ঘটে তাকে তড়িৎ বিশ্লেষণ বলে।

তড়িৎ বিশ্লেষণের ওপর ব্যাপক পরীক্ষা-নিরীক্ষার পর 1832 সালে ইংরেজ বিজ্ঞানী মাইকেল ফ্যারাডে তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণ ও তড়িৎদ্বারে সংঘটিত রাসায়নিক বিক্রিয়াজনিত কারণে উৎপন্ন বা দ্রবীভূত পদার্থের পরিমাণের মধ্যে সম্পর্কিত দুটি মৌলিক সূত্রের আবিষ্কার করেন। এ সূত্র দুটি ফ্যারাডের সূত্র নামে পরিচিত।

প্রথম সূত্র : তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় যেকোনো তড়িৎদ্বারে সংঘটিত রাসায়নিক পরিবর্তনের পরিমাণ অথবা কোনো তড়িৎদ্বারে উৎপন্ন পদার্থের পরিমাণ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত মোট তড়িতের সমানুপাতিক। যদি কোনো তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্যদিয়ে Q কুলম্ব তড়িৎ প্রবাহিত হওয়ার ফলে W g ভরের একটি পদার্থ তড়িৎদ্বারে জমা হয় বা তড়িৎদ্বার হতে দ্রবণে দ্রবীভূত হয়, তবে ফ্যারাডের প্রথম সূত্র মতে,

$$W \propto Q \qquad \text{বা, } W = ZQ.$$

এখানে Z = সমানুপাতিক ধ্রুবক। Z একটি স্থির সংখ্যা যা পদার্থের ধর্মের ওপর নির্ভর করে। একে ঐ পদার্থের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক বলা হয়। যদি I অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ t সেকেন্ড সময় ধরে কোনো তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহিতে চালনা করা হয়, তবে ঐ পরিবাহিতে প্রবাহিত মোট তড়িতের পরিমাণ, $Q = I \times t$ কুলম্ব। অর্থাৎ, অ্যাম্পিয়ার × সেকেন্ড = কুলম্ব। যদি $I = 1$ amp, $t = 1$ s হয়, অর্থাৎ 1 amp বিদ্যুৎ প্রবাহ এক সেকেন্ড সময় ধরে চালনা করলে এক কুলম্ব বিদ্যুৎ ব্যবহৃত হয়। তবে সেক্ষেত্রে, $W = Z \times 1 \times 1 = Z$.

তাহলে এভাবে বলা যায়, এক অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ প্রবাহ এক সেকেন্ড চালনা করে অর্থাৎ এক কুলম্ব তড়িৎ প্রবাহ চালনা করে যে পরিমাণ (অবশ্যই গ্রামে প্রকাশিত) পদার্থ তড়িৎদ্বারে সঞ্চিত অথবা তড়িৎদ্বার হতে দ্রবণে দ্রবীভূত হয়, তাকে ঐ পদার্থের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক বলা হয়।

বিকল্প সংজ্ঞা : ফ্যারাডের প্রথম সূত্রানুযায়ী, $W = ZQ$; $\therefore Z = \frac{W}{Q}$

এ গাণিতিক ব্যাখ্যার আলোকে বলা যায়, কোনো তড়িৎবিশ্লেষ্যের মধ্যে তড়িৎ বিশ্লেষণের ফলে কোনো একটি তড়িদ্দ্বারে উৎপন্ন মৌলের গ্রামে প্রকাশিত ভর এবং তড়িৎবিশ্লেষ্য দ্রবণের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহের পরিমাণের অনুপাত একটি ধ্রুবক সংখ্যা। এ ধ্রুবক সংখ্যাটিকে ঐ মৌলের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক বলা হয়।

তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক মৌলের জারণ মানের ওপর নির্ভরশীল।

নিচের পরীক্ষা এবং পরীক্ষাটির ব্যাখ্যা পড়লেই বিষয়টি ভালোভাবে বুঝতে পারবে।

তোমরা নিশ্চয়ই জেনে থাকবে সিলভার নাইট্রেট ($AgNO_3$) এর জলীয় দ্রবণে Ag অ্যানোড ও Ag ক্যাথোড তড়িৎদ্বার ব্যবহার করে তড়িৎ বিশ্লেষণ করলে ক্যাথোডে Ag ধাতু জমা হয় এবং অ্যানোড তড়িৎদ্বার হতে Ag ধাতু ক্ষয় হয়ে দ্রবণে Ag^+ হিসেবে দ্রবীভূত হয়। এক্ষেত্রে ক্যাথোড তড়িৎদ্বারে Ag^+ এর বিজারণ ঘটে।

$$\underset{\text{এক মোল}}{Ag^+(aq)} + e \longrightarrow \underset{\text{এক মোল}}{Ag(s)}$$

সমীকরণ হতে দেখা যায়, একমোল Ag^+ আয়ন একমোল ইলেকট্রন দ্বারা বিজারিত হয়ে একমোল Ag পরমাণু উৎপন্ন করে। অন্যদিকে উৎপন্ন Ag এর পরিমাণ বর্তনীতে প্রবাহিত ইলেকট্রনের সংখ্যার সমানুপাতিক। অর্থাৎ বর্তনীতে প্রবাহিত মোট বিদ্যুৎ এর সমানুপাতিক। একমোল Ag পরমাণুর ভর 108 g. এবং এর মধ্যে Ag পরমাণু সংখ্যা 6.023×10^{23} টি।

আবার একমোল ইলেকট্রনেরও সমসংখ্যক ইলেকট্রন থাকে এবং প্রতিটি ইলেকট্রনের চার্জ 1.602×10^{-19} C।

$\therefore$ একমোল ইলেকট্রনের মোট চার্জ $= 1.602 \times 10^{-19} \times 6.023 \times 10^{23}$ C $= 96488$ C $\equiv 96500$ C।

এ পরিমাণ বিদ্যুৎ চার্জকে এক ফ্যারাডে চার্জ বলা হয় এবং একে F দ্বারা চিহ্নিত করা হয়।

অর্থাৎ 1 F = 96500 C

$\therefore$ 1 মোল Ag উৎপাদনের জন্য 1 F বিদ্যুৎ চার্জ প্রয়োজন।

$\therefore$ x মোল Ag উৎপাদনের জন্য $x \times F$ বিদ্যুৎ চার্জের প্রয়োজন।

অতএব, তড়িৎদ্বারে সঞ্চিত সিলভারের পরিমাণ $\propto$ প্রবাহিত বিদ্যুৎ চার্জ।

এটাই ফ্যারাডের তড়িৎ বিশ্লেষণের প্রথম সূত্র।

তাহলে এবার নিশ্চয়ই তোমরা ফ্যারাডের প্রথম সূত্রের গুরুত্ব বুঝতে পেরেছ। এ সূত্রের আলোকে এখন আমরা অনেক গাণিতিক সমস্যার সমাধানের মাধ্যমে ব্যবহারিক ক্ষেত্রে একে প্রয়োগ করব।

মনে রাখবে : (১) ইলেকট্রন সংখ্যাকে মোল দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এক মোল ইলেকট্রন বলতে 6.023×10^{23} সংখ্যক ইলেকট্রনকে বোঝায়। এক মোল ইলেকট্রনের মোট আধান 96500 কুলম্ব বা এক ফ্যারাডে (1F)।

(২) ফ্যারাডে : কোনো তড়িৎবিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়ে যে পরিমাণ তড়িৎ চালনা করলে তড়িদ্দ্বারে এক গ্রাম তুল্যাঙ্ক পরিমাণ পদার্থ উৎপন্ন হয়। ঐ পরিমাণ তড়িৎকে এক ফ্যারাডে বলে। ফ্যারাডেকে F অক্ষর দ্বারা প্রকাশ করা হয়। 1F = 96500 C = 96500 অ্যাম্পিয়ার/সেকেন্ড। এটি তড়িৎ প্রবাহের বৃহত্তম একক।

ফ্যারাডের সূত্রের প্রযোজ্যতা ও সীমাবদ্ধতা : (Applications and Limitations of Faraday's Law) :

প্রযোজ্যতা :

১. ইলেকট্রোলাইটের দ্রবণে ও গলিত উভয় অবস্থার ক্ষেত্রেই ফ্যারাডের সূত্র সমভাবে প্রযোজ্য।

২. ফ্যারাডের সূত্রের ইলেকট্রোলাইটের তাপমাত্রা, চাপ, দ্রবীভূত দ্রাবক, দ্রবণের ঘনমাত্রা এর কোনো প্রভাবের ওপর নির্ভরশীল নয়। অর্থাৎ এসব নিয়ামক সূত্রকে কোনোরূপ প্রভাবিত করে না।

উদাহরণস্বরূপ 25°C তাপমাত্রায় 1.0 M $AgNO_3$ দ্রবণে 2.5 amp বিদ্যুৎ এক ঘণ্টা চালনা করলে ক্যাথোডে যে পরিমাণ Ag ধাতু জমা হয় 50°C তাপমাত্রায় 5.0 M ঘনমাত্রার $AgNO_3$ দ্রবণে একই পরিমাণ বিদ্যুৎ চালনা করলে একই পরিমাণ Ag ধাতু জমা হয়।

৩. একই মৌলের বিভিন্ন আয়নিক অবস্থার দ্রবণের ক্ষেত্রে এ সূত্র সমানভাবে প্রযোজ্য। যেমন Fe^{2+} দ্রবণ হতে 55.85g লোহাকে তড়িৎদ্বারে জমা করতে প্রয়োজনীয় তড়িৎ 2 F কিন্তু Fe^{3+} দ্রবণ হতে একই পরিমাণ লোহাকে জমা করতে প্রয়োজনীয় তড়িৎ 3 F.

সীমাবদ্ধতা :

১. ফ্যারাডের সূত্র ইলেকট্রনীয় পরিবাহিতার ক্ষেত্রে প্রযোজ্য নয়।

২. তড়িৎ প্রবাহের ফলে কোনোরূপ রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত হয় না। এক্ষেত্রেও এ সূত্র প্রযোজ্য নয়।

৩. তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্যে তড়িৎ প্রবাহের ফলে একই সাথে একাধিক বিক্রিয়া সংঘটিত হলে ফ্যারাডের সূত্রের গণনার ত্রুটি লক্ষ্য করা যায়।

৪. যেসব ক্ষেত্রে 100 ভাগ ইলেকট্রোলাইট্রিক পদ্ধতিতে তড়িৎ বিশ্লেষণ ঘটে, শুধু সেসব ক্ষেত্রেই এ সূত্র প্রযোজ্য।

৫. কোনো তড়িৎ বিশ্লেষ্যে একই সাথে একাধিক জারণ-বিজারণ ঘটলে ফ্যারাডের সূত্রের গণনার ক্ষেত্রে ত্রুটি দেখা যায়।

ফ্যারাডের সূত্রের তাৎপর্য (Significance of Faraday's Laws) :

১. ফ্যারাডের সূত্র হতে দেখা যায় যে, তড়িৎ বিশ্লেষণে একটি একযোজী ক্যাটায়ন বা অ্যানায়ন একটি ইলেকট্রন গ্রহণ বা বর্জন করে। যোজনী n হলে ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন n টি ইলেকট্রন যথাক্রমে গ্রহণ ও বর্জন করবে।

২. দ্রবণে বা গলিত অবস্থায় আয়নসমূহ মুক্ত অবস্থায় চলাচল করে, তখন এদের পক্ষে তড়িৎ পরিবহন সম্ভব। তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্যে বিপরীত ক্রিয়া ঘটে। এক্ষেত্রে ক্যাথোডে ক্যাটায়ন প্রয়োজনীয় সংখ্যক ইলেকট্রনকে গ্রহণ করে আর অ্যানোডে অ্যানায়ন প্রয়োজনীয় সংখ্যক ইলেকট্রনকে দান করে থাকে। উভয় ক্ষেত্রেই এরা আধানহীন পরমাণুতে পরিণত হয়। যেমন :

NaCl দ্রবণের ক্ষেত্রে – ক্যাথোডে : $Na^+ + e \longrightarrow Na$; অ্যানোডে : $Cl^- - e \longrightarrow \frac{1}{2} Cl_2$

পরবর্তীতে এরা আবার নিজেদের মধ্যে, দ্রাবকের সাথে অথবা তড়িৎদ্বারের সাথেও বিক্রিয়া করতে পারে।

যেমন : $\frac{1}{2} Cl_2 + \frac{1}{2} Cl_2 \longrightarrow Cl_2$. $Na^+ + OH^- \longrightarrow NaOH$.

$2NaOH + Cl_2 \longrightarrow NaCl + NaClO + H_2O$.

৩. যেকোনো মৌলের পরমাণুর নিউক্লিয়াসে মৌলটির পারমাণবিক সংখ্যার সমান সংখ্যক প্রোটন থাকে। আবার একটি পরমাণুতে সাধারণ অবস্থায় প্রোটনের সমান সংখ্যক ইলেকট্রন থাকে।

৪. কোনো পরমাণু থেকে একটি ইলেকট্রনের অপসারণ ঘটলে পরমাণুটিতে একটি নিট ধনাত্মক আধানের সৃষ্টি হয়। বিপরীতভাবে, একটি পরমাণু অপর কোনো পরমাণু থেকে একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করলে তাতে একটি নিট ঋণাত্মক আধানের সৃষ্টি হয়।

৫. একটি পরমাণু বা পরমাণুগুচ্ছ যখন তড়িৎ নিরপেক্ষ থাকে না, অর্থাৎ তাতে যখন নিট ধনাত্মক বা ঋণাত্মক আধানের সৃষ্টি হয় তখন তাকে আয়ন বা মূলক বলে।

৬. কোনো পরমাণু তার আধান নিরপেক্ষ অবস্থা হতে n সংখ্যক ইলেকট্রন বর্জন করে, তখন $\mathbf{n^+}$ আধান বিশিষ্ট ক্যাটায়নের সৃষ্টি হয়। আর যদি সেটি n সংখ্যক ইলেকট্রন গ্রহণ করে তবে $\mathbf{n^-}$ আধানবিশিষ্ট অ্যানায়নে পরিণত হয়।

৭. সাধারণভাবে একটি ধাতু ও অধাতু পরস্পরের সাথে বিক্রিয়ার সময় ধাতুর পরমাণু থেকে এক বা একাধিক ইলেকট্রন অধাতু পরমাণুতে স্থানান্তরিত হয়। ফলে আয়নিক যৌগের সৃষ্টি হয়।

৮. ক্যাটায়নের একমোল পরিমাণে অ্যাভোগাড্রো সংখ্যক ক্যাটায়ন, N_A বর্তমান। তাই $\mathbf{n^+}$ যোজনীবিশিষ্ট ক্যাটায়নের একমোল পরিমাণ থেকে একমোল পরমাণু পেতে হলে $n \times N_A$ টি ইলেকট্রনের গ্রহণের প্রয়োজন। একইভাবে $\mathbf{n^-}$ যোজনীবিশিষ্ট কোনো অ্যানায়নের একমোল পরিমাণ থেকে একমোল পরমাণু পেতে হলে $n \times N_A$ টি ইলেকট্রন ত্যাগ করার প্রয়োজন।

ফ্যারাডের সূত্রের প্রয়োগ (Application of Faraday's Law) : ফ্যারাডের সূত্রের সাহায্যে ইলেকট্রনের চার্জ গণনা করা যায়।

এ সূত্র হতে আমরা পাই, একযোজী একমোল আয়নকে চার্জ মুক্ত করতে 1 F বিদ্যুতের প্রয়োজন।

$\therefore$ n যোজী একমোল আয়নকে চার্জ মুক্ত করতে বিদ্যুতের প্রয়োজন $1 \times n\,F = n \times 96500$ C বিদ্যুৎ.

একমোল আয়নে উপস্থিত আয়নের সংখ্যা = $N = 6.023 \times 10^{23}$ টি

ধরি, একটি ইলেকট্রনের চার্জ = e

$\therefore$ N সংখ্যক আয়নের পরিবাহিত চার্জ = $Ne = 6.023 \times 10^{23} \times e$

$\therefore$ $Ne = n \times 96500$ C (একযোজী আয়নের জন্য $n = 1$)

$\therefore$ $6.023 \times 10^{23} \times e = 96500$

$\therefore$ $e = \frac{96500}{6.023 \times 10^{23}} = 1.602 \times 10^{-19}$ C

চিন্তা করে উত্তর দাও – ৪.২ :

১. এক ফ্যারাডে তড়িৎকে এক মোল তড়িৎ বলা যায় কী?

২. ধাতু তড়িৎ পরিবহন করে কিন্তু আয়নিক যৌগের কেলাস তড়িৎ পরিবহন করে না কেন?

৩. পানির তড়িৎ বিশ্লেষণে সামান্য পরিমাণে এসিড যোগ করার প্রয়োজন হয় কেন?

৪. সকল তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ তড়িৎ পরিবাহী কিন্তু সকল তড়িৎ পরিবাহীই তড়িৎ বিশ্লেষ্য নয়। উক্তিটির যথার্থতার ব্যাখ্যা দাও।

৫. ধাতু তড়িৎ পরিবহন করে কিন্তু আয়নিক যৌগের কেলাস তড়িৎ পরিবহন করে না কেন?

৬. বিশুদ্ধ পানিতে তড়িৎ বিশ্লেষণ ঘটে না কিন্তু সামান্য এসিড মেশালেই তড়িৎ বিশ্লেষণ ঘটে থাকে কেন?
৭. মৌলের তুল্য ভরের মান শূন্য হতে পারে না কেন?
৮. এক ফ্যারাডে এর মান 96500 কুলম্ব ধরা হয় কেন?
৯. তুল্য ভরকে রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক ও বলা যায় কেন?
১০. তড়িৎ বিশ্লেষণের বিপরীত ঘটনা কী?

উদাহরণ ১ : $AgNO_3$ দ্রবণের মধ্যে 5 অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ 10 মিনিট ধরে চালনা করলে কী পরিমাণ Ag ধাতু সঞ্চিত হবে? (Ag = 108)

সমাধান : পরিবাহিতে প্রবাহিত মোট তড়িতের পরিমাণ, $Q = I \times t = 5 \times 10 \times 60\ C = 3000\ C$ $\frac{1}{c}$

$AgNO_3$ দ্রবণে তড়িৎ বিশ্লেষণে Ag^+ নিম্নরূপ বিজারিত হয়,

$Ag^+ + e \longrightarrow Ag$

1 F 1 mole = 108 g

∴ 1 F বা 96500 C বিদ্যুৎ চালনা করলে Ag সঞ্চিত হয় 1 মোল = 108 g Ag

∴ 3000 C বিদ্যুৎ চালনা করলে Ag সঞ্চিত হয় $= \frac{108 \times 3000}{96500} = 3.3575$ g Ag

অতএব, জমাকৃত Ag ধাতুর পরিমাণ 3.3575 g

উদাহরণ ২ : $Ni(NO_3)_2$ দ্রবণে 20 min সময় ধরে 500 mA বিদ্যুৎ চালনা করলে তড়িৎদ্বারে, (i) কী পরিমাণ Ni ধাতু ও (ii) কতটি Ni পরমাণু জমা পড়বে? (Ni = 58.7)

সমাধান : (i) পরিবাহিতে প্রবাহিত মোট তড়িতের পরিমাণ, $Q = I \times t$.

∴ $Q = 0.5 \times 20 \times 60 = 600$ C

$Ni(NO_3)_2$ দ্রবণে তড়িৎ বিশ্লেষণে Ni^{2+} আয়ন নিম্নরূপ বিজারিত হয়,

এখানে,
I = তড়িৎ প্রবাহ = 500 mA = 500×10^{-3}A = 0.5A
t = তড়িৎ প্রবাহের সময় = 20 min = 20×60 s

$Ni^{2+}(aq) + 2e \longrightarrow Ni(s)$

2 F 1 mole = 58.7g.

∴ 2 F বা 2×96500 C বিদ্যুৎ দ্বারা সঞ্চিত হয় 1mole Ni বা 58.7 g Ni

∴ 600 C বিদ্যুৎ দ্বারা সঞ্চিত হয় $\frac{58.7 \times 600}{2 \times 96500}$ g = 0.182487 g

∴ জমাকৃত Ni ধাতুর পরিমাণ = 18.2487×10^{-2} g

(ii) 58.7 g Ni এর মধ্যে Ni এর পরমাণুর সংখ্যা 6.023×10^{23} টি

∴ 18.2487×10^{-2} g Ni এর মধ্যে Ni এর পরমাণুর সংখ্যা $= \frac{6.023 \times 10^{23} \times 18.2487 \times 10^{-2}}{58.7}$ টি $= 1.87243 \times 10^{19}$ টি

∴ (i) জমাকৃত Ni ধাতুর পরিমাণ 18.2487×10^{-2} g; (ii) জমাকৃত পরমাণুর সংখ্যা 1.87243×10^{19} টি।

উদাহরণ ৩ : ক্রোমিয়াম (III) সালফেট দ্রবণে 5.0 A তড়িৎ কত সময় ধরে প্রবাহিত করলে ক্যাথোডে 2.5 g ক্রোমিয়াম ধাতু জমা পড়বে? (Cr = 52).

সমাধান : ক্রোমিয়াম (III) আয়নের বিজারণের সমীকরণটি হলো,

$Cr^{3+}(aq) + 3e \longrightarrow Cr(s)$

1 mole 3 mole 1 mole.

∴ 1 mole Cr বা 52 g Cr কে সঞ্চিত করতে প্রয়োজনীয় তড়িৎ 3×96500 C.

∴ 2.5 g Cr ধাতু জমা করতে প্রয়োজনীয় তড়িৎ $\frac{3 \times 96500 \times 2.5}{52}$ C = 13,918.269 C

∴ মোট তড়িতের প্রয়োজন = 13,918.269 C

আমরা জানি মোট তড়িৎ, $Q = I \times t$

$$\therefore t = \frac{Q}{I} = \frac{13,918.269}{5} = 2783.65 \text{ s} = 46.3942 \text{ min.}$$

অতএব, 46.3942 min ধরে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করা হয়েছিল।

উদাহরণ ৪ : H_2SO_4 যুক্ত জলীয় দ্রবণে Pt তড়িৎদ্বারের সাহায্যে 2.0 A বিদ্যুৎ 3 ঘণ্টা ধরে প্রবাহিত করলে কত গ্রাম পানি বিয়োজিত হবে? এ প্রক্রিয়ায় প্রমাণ অবস্থায় কত আয়তন H_2 ও কত আয়তন O_2 উৎপন্ন হবে?

সমাধান : এসিড মিশ্রিত পানিতে Pt তড়িৎদ্বার ব্যবহার করে তড়িৎ বিশ্লেষণ করলে বিয়োজনের সমীকরণটি,

$$4H_2O \longrightarrow 4H^+ + 4OH^-$$

ক্যাথোড তড়িৎদ্বারে : $4H^+ + 4e \longrightarrow 2H_2$

অ্যানোড তড়িৎদ্বারে : $4OH^- - 4e \longrightarrow 2H_2O + O_2$

সমগ্র বিয়োজনের সমীকরণটি : $2H_2O \xrightarrow{4F} 2H_2 + O_2$

$36g \quad 2 \times 22.4 \text{ L} \quad 22.4 \text{ L}$

পরিবাহিতে প্রবাহিত মোট তড়িতের পরিমাণ, $Q = I \times t = 2.0 \times 3 \times 60 \times 60 \text{ C} = 21600 \text{ C}$

$\therefore$ 4 F বা 4×96500 C বিদ্যুৎ চালনা করলে পানি বিয়োজিত হয় 36 g

$$\therefore \text{ 21600 C বিদ্যুৎ চালনা করলে পানি বিয়োজিত হয় } = \frac{36 \times 21600}{4 \times 96500} \text{ g} = 2.014508 \text{ g}$$

পুনরায় 4×96500 C. বিদ্যুৎ চালনা করলে প্রমাণ অবস্থায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় 2×22.4 L.

$$\therefore \text{ 21600 C বিদ্যুৎ চালনা করলে প্রমাণ অবস্থায় } H_2 \text{ উৎপন্ন হয় } = \frac{2 \times 22.4 \times 21600}{4 \times 96500} = 2.50694 \text{ L}$$

উৎপন্ন O_2 এর আয়তন H_2 এর অর্ধেক।

$$\therefore \text{ উৎপন্ন অক্সিজেনের পরিমাণ } = \frac{2.50694}{2} = 1.25347 \text{ L}$$

অতএব, পানি বিয়োজিত হয় 2.014508 g, প্রমাণ অবস্থায় H_2 উৎপন্ন হয় 2.50694 L এবং অক্সিজেন উৎপন্ন হয় 1.25347 L

চিন্তা করে উত্তর দাও – ৪.৩ :

১. উল্লিখিত বিজারণ বিক্রিয়াগুলোর জন্য কী পরিমাণ বিদ্যুতের প্রয়োজন?

(i) 1.0 mol $Na^+ \rightarrow Na$, (ii) 0.5 mol $Zn^{2+} \rightarrow Zn$, (iii) 0.5 mol $Al^{3+} \rightarrow Al$,
(iv) 0.25 mol $MnO_4^- \rightarrow Mn^{2+}$, (v) 1.0 mol $Cr_2O_7^{-2} \rightarrow Cr^{3+}$ (vi) 1.0 mol $KNO_3 \rightarrow H_2$

Ans. (i) 96500 C (ii) 96500 C (iii) 144750 C, (iv) 120625 C, (v) 2.895×10^5 C, (vi) 1.93×10^5 C.

২. উল্লিখিত জারণ বিক্রিয়াগুলোর জন্য কী পরিমাণ বিদ্যুতের প্রয়োজন পড়বে?

(i) 1.0 mol $FeO \rightarrow Fe_2O_3$ (ii) 1 mol $H_2O \rightarrow O_2$ (iii) 0.5 mol $NaClO_3 \rightarrow NaClO_4$ (iv) 0.5 mol $Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+}$
(v) 1 mol $KNO_3 \rightarrow O_2$.

Ans. (i) 96500 C, (ii) 1.93×10^5 C (iii) 96500 C, (iv) 96500 C, (v) 1.93×10^5 C.

নিজে কর – ৪.৪ :

১. একটি অ্যালুমিনিয়াম তারের মধ্য দিয়ে 5 সেকেন্ড ধরে 0.25 mA তড়িৎ চালনা করলে কতটি ইলেকট্রন প্রবাহিত হবে?
উত্তর : $7.80181347 \times 10^{15}$ টি।

২. এসিড মিশ্রিত পানির মধ্য দিয়ে 7 সেকেন্ড ধরে 1.25×10^{-2} mA তড়িৎ চালনা করলে কতটি ইলেকট্রন প্রবাহিত হবে?
উত্তর : 5.461269×10^{14} টি।

৩. একটি ধাতব তারে 15 mA তড়িৎ প্রবাহিত হয়। ঐ তারের যে কোনো বিন্দুতে 1 সেকেন্ডে কতগুলো ইলেকট্রন প্রবাহিত হয়।
উত্তর : 9.3575×10^{16} টি ইলেকট্রন।

৪. 2A তড়িৎ প্রবাহ 30 মিনিট ধরে $AgNO_3$ দ্রবণে প্রবাহিত করায় 4g Ag ধাতু মুক্ত হয়। Ag এর তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক কত? **উত্তর :** 1.11×10^{-3} g.c^{-1}।

৫. 1.5 A তড়িৎ প্রবাহ 10 মিনিট ধরে $CuSO_4$ দ্রবণে প্রবাহিত করায় 0.2964 g Cu ধাতু মুক্ত হয়। Cu এর তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক কত? **উত্তর :** 3.2933×10^{-4} g.c^{-1}।

৬. $AgNO_3$ দ্রবণ থেকে 30 মিনিটে 3.02176 mg Ag উৎপন্ন করতে কত মিলি mA তড়িৎ প্রবাহের প্রয়োজন?

উত্তর : 1.5 মিলি অ্যাম্পিয়ার।

৭. তুঁতের দ্রবণের মধ্যে 3A বিদ্যুৎ 30 মিনিট ধরে চালনা করলে ক্যাথোড তড়িৎদ্বারে কি পরিমাণ Cu ধাতু জমা হবে?

উত্তর : 1.7767 g।

৮. $Cr_2(SO_4)_3$ দ্রবণে 5.0A বিদ্যুৎ কত সময় ধরে প্রবাহিত করতে ক্যাথোড তড়িৎদ্বারে 2.5 g Cr ধাতু জমা পড়বে? (Cr = 52)

উত্তর : 46 মিনিট 23.64 সেকেন্ড।

৯. $AgNO_3$ দ্রবণের মধ্যে কী পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত করলে ক্যাথোড তড়িৎদ্বারে 5.5 g Ag ধাতু জমা পড়বে? **উত্তর :** 4959.02 C।

১০. এক কুলম্ব তড়িৎ $AgNO_3$ দ্রবণ হতে ক্যাথোড তড়িৎদ্বারে 1.1192×10^{-3} g Ag ধাতু সঞ্চিত করে। 5A তড়িৎ 30 মিনিট সময় ধরে $AgNO_3$ দ্রবণে প্রবাহিত করলে কত গ্রাম Ag ক্যাথোডে জমা পড়বে? **উত্তর :** 10.0728 g।

১১. $AgNO_3$ দ্রবণে 0.5A তড়িৎপ্রবাহ 5 min চালনা করলে 0.2015 g Ag ধাতু জমা পড়ে। Ag এর তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর। **উত্তর :** 1.343×10^{-3} g.c^{-1}।

১২. 0.5A বিদ্যুৎ একটি ধাতব লবণের জলীয় দ্রবণের মধ্যদিয়ে 1 ঘণ্টা 7 মিনিট 30 সেকেন্ড ধরে চালনা করার ফলে ক্যাথোডের ভর 0.6662 g বৃদ্ধি পায়। ধাতুটির তুল্য ভর নির্ণয় কর। **উত্তর :** 31.75।

১৩. H_2SO_4 যুক্ত জলীয় দ্রবণে Pt তড়িৎদ্বার ব্যবহার করে 2.0A তড়িৎ 3 ঘণ্টাব্যাপী প্রবাহিত করলে কত গ্রাম পানি বিয়োজিত হবে? এ প্রক্রিয়ায় উৎপন্ন H_2 ও O_2 এর ভর নির্ণয় কর। **উত্তর :** 2.0145 g H_2O, 0.2238g H_2 ও 1.7906 g O_2।

১৪. H_2SO_4 যুক্ত জলীয় দ্রবণে Pt তড়িৎদ্বার ব্যবহার করে 1.5 ঘণ্টা ধরে তড়িৎ প্রবাহিত করলে প্রমাণ অবস্থায় 940 cm^3 H_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়। প্রবাহিত তড়িতের শক্তিমাত্রা কত নির্ণয় কর? **উত্তর :** 1.5A।

১৫. বিগলিত NaCl এর মধ্যে 50 mA তড়িৎ 2 ঘণ্টা সময় ধরে প্রবাহিত করলে কতটি Na^+ আয়ন ক্যাথোড তড়িৎদ্বারে আধান প্রশমিত করবে? **Ans.** 2.24692×10^{21} টি।

১৬. 15 g ভর বিশিষ্ট ভেজাল যুক্ত Ag অ্যানোড ও বিশুদ্ধ Ag ক্যাথোড হিসেবে ব্যবহার করে 2.0 M $AgNO_3$ দ্রবণের মধ্যে 2.5 A তড়িৎ প্রবাহ 30 মিনিট ধরে পরিচালিত করা হলো। তড়িৎ বিশ্লেষণ ক্ষেত্রে তড়িৎদ্বারদ্বয়ের ভরের কী পরিবর্তন ঘটবে এবং দ্রবণের ঘনমাত্রার কী পরিবর্তন ঘটবে? **উত্তর :** অ্যানোড তড়িৎদ্বারের ভর 5.03627 g হ্রাস পাবে এবং ক্যাথোড তড়িৎদ্বারের ভর 5.03627 g বৃদ্ধি পাবে। দ্রবণের ঘনমাত্রা অপরিবর্তিত থাকবে।

১৭. কপার (II) সালফেটের জলীয় দ্রবণের মধ্যে 10 মিনিট ধরে 1.5 amp বিদ্যুৎ চালনা করলে ক্যাথোডে 0.2964 g কপার জমা হয়। কপারের পারমাণবিক ভর নির্ণয় কর। **উত্তর :** 63.56।

১৮. 1.5 amp তড়িৎ একটি ধাতব লবণের জলীয় দ্রবণের মধ্যে 20 মিনিট ধরে চালনা করলে ক্যাথোড তড়িৎদ্বারের ভর 2.0145 g বৃদ্ধি পায়। ধাতুটি এক যোজী হলে উহার পারমাণবিক ভর নির্ণয় কর। **উত্তর :** 107.9996।

১৯. শ্রেণি সজ্জায় সজ্জিত $CuSO_4$ ও $AgNO_3$ দ্রবণের মধ্যে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করলে একটি নির্দিষ্ট সময় পরে তড়িৎদ্বারে 1.15 g Cu ধাতু সঞ্চিত হলে একই প্রক্রিয়ায় একই সময়ে কত গ্রাম Ag ধাতু সঞ্চিত হবে? (Cu = 63.5, Ag = 108). **উত্তর :** 3.9118 g।

২০. $AgNO_3$ দ্রবণে 1.75 A তড়িৎ 1 ঘণ্টা 25 মিনিট 42 সেকেন্ড ধরে চালনা করলে ক্যাথোড তড়িৎদ্বারে কী পরিমাণ Ag ধাতু জমা হবে। একই পরিমাণ বিদ্যুৎ যদি একই শ্রেণিতে বর্তমান $CuSO_4$ দ্রবণ ও লঘু H_2SO_4 দ্রবণের মধ্য দিয়ে চালনা করা হয় তবে সঞ্চিত Cu এর পরিমাণ এবং প্রমাণ অবস্থায় উৎপন্ন H_2 এর আয়তন কত হবে?

উত্তর : Ag = 10.0708 g, Cu = 2.961 g, H_2 = 1044.386 cm^3।

২১. 0.75 A তড়িৎ প্রবাহ 1 মিনিট 20 সেকেন্ড সময় ব্যাপী চালনা করলে H^+, Ni^{2+} ও Al^{3+} আয়নের প্রতিটির কতটি পরমাণুতে রূপান্তরিত হবে? **উত্তর :** H = 3.74×10^{20} টি, Ni = 1.87×10^{20} টি, Al = 1.24667×10^{20} টি পরমাণু।

২২. গোল্ড লবণের দ্রবণ থেকে 3.62 g গোল্ড মুক্ত করতে যে পরিমাণ তড়িতের প্রয়োজন, সমপরিমাণ তড়িৎ দ্বারা তুঁতের দ্রবণে কপার অ্যানোড ব্যবহার করে তড়িৎ বিশ্লেষণ করলে 1.75 g কপার দ্রবীভূত হয়। গোল্ড লবণটিতে গোল্ডের জারণ সংখ্যা নির্ণয় কর। (Au = 197, Cu = 63.5) **উত্তর :** 3।

২৩. 40 mL 0.125 M $Ni(NO_3)_2$ দ্রবণে 0.45 A তড়িৎ 4 মিনিট 27 সেকেন্ড ধরে প্রবাহিত করা হলো। (Ni = 58.85)। (i) দ্রবণের মধ্যে কত কুলম্ব বিদ্যুৎ চালনা করা হয়েছিল? (ii) ক্যাথোডে সঞ্চিত পদার্থের ভর কত?
(iii) দ্রবণ থেকে সমস্ত Ni^{2+} আয়নকে অপসারিত করার জন্য একই তড়িৎ কত সময় ধরে প্রবাহিত করতে হবে? (iv) তড়িৎ বিশ্লেষণের পর অ্যানোড তড়িৎদ্বারে (+Ve) উৎপন্ন পদার্থের ভর কত?
উত্তর : (i) 120.15 C বিদ্যুৎ, (ii) 0.0366 g Ni ধাতু, (iii) 35 মিনিট 44 সেকেন্ড, (iv) 0.08 g অক্সিজেন।

২৪. 1.55 A তড়িৎ 20 মিনিট 20 সেকেন্ড ধরে কোনো তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণে চালনা করায় ক্যাথোড তড়িৎদ্বারে 64.08×10^{-2} g ধাতু সঞ্চিত হয়। ধাতুর পারমাণবিক ভর 65.4 হলে এর যোজ্যতা নির্ণয় কর। **উত্তর :** 2।

২৫. 1.5 A তড়িৎ 54 মিনিট 58 সেকেন্ড ধরে কোনো তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণে চালনা করলে ক্যাথোড তড়িৎদ্বারে 1.5 g ধাতু সঞ্চিত হয় ধাতুটির যোজ্যতা 2 হলে পারমাণবিক ভর নির্ণয় কর। **উত্তর :** 58.5।

২৬. গলিত কপার লবণে 1.5A তড়িৎ 20 মিনিট 15 সেকেন্ড ধরে প্রবাহিত হলে 1.1993 g Cu মুক্ত হয়। ঐ কপার লবণে কপারের জারণ সংখ্যা নির্ণয় কর। **উত্তর :** 1।

২৭. ক্লোরেট এর জলীয় দ্রবণে তড়িৎ বিশ্লেষণ করলে H_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়। $ClO_3^- + H_2O \rightarrow ClO_4^- + 2H^+ + 2e$. (i) 1.5 mol $NaClO_4$ উৎপাদনে কত কুলম্ব তড়িতের প্রয়োজন? (ii) 1.5 g $NaClO_4$ উৎপাদনের সময় S.T.P. তে কত আয়তন H_2 গ্যাস ক্যাথোডে বিমুক্ত হবে? **উত্তর :** (i) 2.895×10^5 C (ii) 27.4285×10^{-2} dm^3 H_2।

২৮. 0.5 L 1.0 M $Ni(NO_3)_2$ দ্রবণের মধ্যে 2.5 A তড়িৎ 2.0 ঘণ্টা ধরে প্রবাহিত করা হলো। তড়িৎ বিশ্লেষণের পর দ্রবণের ঘনমাত্রা কত হবে? (Ni = 58.7) **উত্তর :** 0.81347 M।

২৯. 7.5×10^2 mA তড়িৎ একটি দ্বিযোজী ধাতব লবণের জলীয় দ্রবণের মধ্য দিয়ে 5 মিনিট চালনা করার ফলে ক্যাথোডের ভর 74.0285 mg বৃদ্ধি পেল। ধাতুটির পারমাণবিক ভর নির্ণয় কর। **উত্তর :** 63.5।

৩০. 25°C তাপমাত্রায় 0.75 M $Ni(NO_3)_2$ এর জলীয় দ্রবণে দুটি Ni তড়িৎদ্বার সহযোগে তড়িৎ বিশ্লেষণ করা হলো। তড়িৎপ্রবাহ 2.5A এবং সময় 10 মিনিট 25 সেকেন্ড। (ক) দুটি তড়িৎদ্বার এবং দ্রবণের কী পরিবর্তন ঘটবে। (খ) এ শর্তে তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের ঘনমাত্রা যদি দ্বিগুণ এবং তাপমাত্রা 35°C হয়, তবে কী পরিবর্তন ঘটবে ব্যাখ্যা কর।

৪.৬ তড়িৎ প্রবাহ ও তড়িৎ পরিমাপের ক্ষেত্রে কতগুলো গুরুত্বপূর্ণ ব্যবহারিক পদ

(i) কুলম্ব (Coulomb) : তড়িৎ পরিমাপের ব্যবহারিক একক হলো কুলম্ব। সাধারণভাবে কুলম্ব = অ্যাম্পিয়ার × সেকেন্ড। আন্তর্জাতিক নীতি অনুসারে $AgNO_3$ এর জলীয় দ্রবণের মধ্যে Pt তড়িদ্দ্বারের সাহায্যে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করলে যে পরিমাণ তড়িৎ 1.118×10^{-3} g Ag ধাতুকে ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারে জমা করে তাকে 1 কুলম্ব তড়িৎ বলা হয়।

(ii) অ্যাম্পিয়ার (Ampere) : তড়িৎ প্রবাহের একককে অ্যাম্পিয়ার বলা হয়। সিলভার নাইট্রেট ($AgNO_3$) এর জলীয় দ্রবণের মধ্যে Pt তড়িদ্দ্বারের সাহায্যে এক সেকেন্ডে যে পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারে 1.118×10^{-3}g Ag ধাতুকে মুক্ত করে, তাকে 1 অ্যাম্পিয়ার বলা হয়। অর্থাৎ এক অ্যাম্পিয়ার হলো প্রতি এক সেকেন্ডে 1 কুলম্ব তড়িৎ।

(iii) ওহম (Ohm) : তড়িৎবিশ্লেষ্য পরিবাহীর রোধের একক ওহম। CGS ও SI উভয় পদ্ধতিতে রোধের একক ওহম।

(iv) ভোল্ট (volt) : ভোল্ট (volt) হলো তড়িচ্চালক বলের একক। IUPAC রীতি পরিমাপ অনুসারে 1 ওহম রোধ যুক্ত কোনো পরিবাহীর মধ্য দিয়ে 1 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহ পরিচালনা করতে পরিবাহীর দুই প্রান্তে যে তড়িৎ বিভব বৈষম্যের সৃষ্টি হয়, তাকে 1 ভোল্ট বলা হয়।

(v) ফ্যারাডে (Faraday) : এটি তড়িৎ প্রবাহের বৃহত্তর ব্যবহারিক একক। কোনো তড়িৎবিশ্লেষ্য উপাদানের দ্রবণে তড়িৎ বিশ্লেষণ করার ফলে, যে পরিমাণ তড়িৎ এক গ্রাম তুল্যাঙ্ক পরিমাণ উপাদান মৌলকে তড়িদ্দ্বারে সঞ্চিত করে অথবা সমপরিমাণ উপাদানকে তড়িদ্দ্বার থেকে দ্রবণে দ্রবীভূত করে। ঐ পরিমাণ তড়িৎকে এক ফ্যারাডে বলা হয়। একে F প্রতীক দ্বারা প্রকাশ করা হয়। 1 F তড়িৎ = 96500 কুলম্ব তড়িৎ = এক মৌল ইলেকট্রনের আধান।
এজন্য 1 F তড়িৎকে এক মোল ইলেকট্রনের আধান বা চার্জ বলা হয়। আবার এক মোল ইলেকট্রন = 6.023×10^{23} টি ইলেকট্রন। সুতরাং 6.023×10^{23} টি ইলেকট্রন সম্মিলিতভাবে কোনো পরিবাহী কোনো একটি বিন্দুতে যে পরিমাণ তড়িৎ পরিবহন করে তা হলো 1 F তড়িৎ।

(vi) তড়িৎবিশ্লেষ্যের রোধ : কোনো তড়িৎবিশ্লেষ্যের মধ্যে দিয়ে আয়নগুলো প্রবাহিত হওয়ার সময় অর্থাৎ তড়িৎ প্রবাহের সময় তরল তড়িৎবিশ্লেষ্য মাধ্যম আয়নগুলোর গতির বিরুদ্ধে যে বাধার সৃষ্টি করে তাকে তড়িৎবিশ্লেষ্যের রোধ বলা হয়। তড়িৎবিশ্লেষ্য পরিবাহীর রোধের একক ওহম (ohm)।

(vii) তড়িৎবিশ্লেষ্যের আপেক্ষিক রোধ (Specific resistance) : যদি কোনো তড়িৎবিশ্লেষ্যের মধ্যে দুটি তড়িদ্দ্বার এক একক দূরে থাকে এবং তড়িৎবিশ্লেষ্যের মধ্যে ডুবিয়ে রাখা প্রতিটি তড়িদ্দ্বারের ক্ষেত্রফল এক একক হয় তবে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় উক্ত তড়িৎবিশ্লেষ্যের রোধকে আপেক্ষিক রোধ বলা হয়। CGS ও SI উভয় পদ্ধতিতে আপেক্ষিক রোধের একক ওহম (ohm)।

(viii) তড়িৎবিশ্লেষ্যের পরিবাহিতা (Conductivity of electrolytic) : কোনো তড়িৎবিশ্লেষ্যের রোধের ব্যাস্তানুপাতীক (Inverse value) কে ঐ তড়িৎবিশ্লেষ্যের পরিবাহিতা বলা হয়।

তড়িৎবিশ্লেষ্যের রোধ R এবং পরিবাহিতা C হলে, $C = \frac{1}{R}$.

$$\text{পরিবাহিতার একক} = \frac{1}{\text{রোধের একক}}$$

CGS পদ্ধতিতে পরিবাহিতার একক হলো ওহম$^{-1}$ বা ohm^{-1}। আধুনিককালে একে mho দ্বারা প্রকাশ করা হয়। SI পদ্ধতিতে পরিবাহিতার একক হলো সিমেনস্ (Siemens)। একে S দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

$$S = 1 \text{ ohm}^{-1} = 1 \text{ mho.}$$

(ix) তড়িৎবিশ্লেষ্যের আপেক্ষিক পরিবাহিতা (Specific conductivity of electrolytic) : কোনো তড়িৎবিশ্লেষ্যের 1 ঘনসেন্টিমিটার আয়তনের পরিবাহিতাকে ঐ তড়িৎবিশ্লেষ্যের আপেক্ষিক পরিবাহিতা বলা হয়। CGS পদ্ধতিতে আপেক্ষিক পরিবাহিতার একক ওহম$^{-1}$ সেমি$^{-1}$ বা, ohm^{-1} cm^{-1}.

SI পদ্ধতিতে আপেক্ষিক পরিবাহিতার একক সিমেনস্ মিটার$^{-1}$ বা Sm^{-1}।

(x) রাসায়নিক তুল্যাংক (Chemical Equivalent) : কোনো তড়িৎবিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়ে 1 F বা 96500 C তড়িৎ প্রবাহিত করার ফলে তড়িদ্দ্বারে সঞ্চিত অথবা তড়িদ্দ্বার হতে দ্রবণে দ্রবীভূত উপাদান মৌলের পরিমাণই ঐ মৌলের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক। মৌলের যোজনী, মোল ও রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক সম্পর্কযুক্ত।

$$\text{রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক, } E = \frac{1.0 \text{ মোল মৌল}}{\text{মৌলের যোজনী}}$$

সুতরাং মৌলের যোজনীর বৃদ্ধি ঘটলে রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের মানের হ্রাস ঘটে এবং মৌলের যোজনীর হ্রাস ঘটলে রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের মানের বৃদ্ধি ঘটে।

উদাহরণস্বরূপ : $AgNO_3(s) \rightarrow Ag^+(aq) + NO_3^-(aq)$

$Ag^+(aq) + e \rightarrow Ag(s)$.

1.0 F বা 96500 C তড়িৎ $AgNO_3$ দ্রবণে প্রবাহিত করলে 1.0 mol Ag^+ আয়ন আধান প্রশমিত হয়ে 1.0 mol Ag ধাতুতে পরিণত হয়।

Ag ধাতুর পারমাণবিক ভর 108

$\therefore$ 1 mol Ag = 108 g Ag

$\therefore$ Ag এর রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক, $E = \frac{108}{1} = 108$

আবার, $Ni(NO_3)_2(s) \rightarrow Ni^{2+}(aq) + 2NO_3^-(aq)$

$Ni^{2+}(aq) + 2e \rightarrow Ni(s)$

$\therefore$ 2F বা 2×96500 C তড়িৎ $Ni(NO_3)_2$ দ্রবণে প্রবাহিত করলে 1 mol Ni^{2+} আয়ন আধান প্রশমিত হয়ে 1.0 mol Ni ধাতুতে পরিণত হয়।

Ni ধাতুর পারমাণবিক ভর = 58.69

$\therefore$ 1 mol Ni = 58.69 g Ni

$\therefore$ Ni এর রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক, $E = \frac{58.69}{2} = 34.345$

(xi) তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক (Electrochemical Equivalent) : কোনো তড়িৎবিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়ে 1 C তড়িৎ প্রবাহিত করার ফলে তড়িদ্দ্বারে সঞ্চিত অথবা তড়িদ্দ্বার থেকে দ্রবণে দ্রবীভূত উপাদান মৌলের পরিমাণই ঐ মৌলের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক। একে সাধারণভাবে 'Z' প্রতীক দ্বারা প্রকাশ করা হয়। রাসায়নিক তুল্যাংকের সংজ্ঞা থেকে দেখা যায় কোনো তড়িৎবিশ্লেষ্য দ্রবণের মধ্য দিয়ে 96500 C তড়িৎ প্রবাহিত করার ফলে তড়িদ্দ্বারে সঞ্চিত অথবা তড়িদ্দ্বার থেকে দ্রবণে দ্রবীভূত উপাদান মৌলের পরিমাণই ঐ মৌলের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক। একে 'E' প্রতীক দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

$\therefore$ 96500 C তড়িৎ প্রবাহিত করার ফলে রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক পরিমাণ মৌল উৎপন্ন হয়।

আবার রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক, $E = \frac{\text{1.0 মোল মৌল}}{\text{মৌলের যোজনী}}$

$\therefore$ 96500 C তড়িৎ প্রবাহিত করার ফলে উৎপন্ন মৌলের পরিমাণ $= \frac{\text{1.0 মোল মৌল}}{\text{মৌলের যোজনী}}$

$\therefore$ 1 C তড়িৎ প্রবাহিত করার ফলে উৎপন্ন মৌলের পরিমাণ $= \frac{\text{1.0 মোল মৌল}}{\text{মৌলের যোজনী} \times 96500}$

$\therefore$ $Z = \frac{\text{1.0 মোল মৌল}}{\text{মৌলের যোজনী} \times 96500} = Z =$ তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক

বা, $Z = \frac{E}{96500}$

$\therefore$ $E = 96500 \times Z$

অর্থাৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক = তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক $\times$ 96500।

সুতরাং পূর্ববর্তী আলোচনার আলোকে দেখা যায়–

Ag ধাতুর তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক, $Z = \frac{108}{96500} = 1.118 \times 10^{-3}$ g

Ni ধাতুর তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক, $Z = \frac{34.345}{96500} = 3.559 \times 10^{-4}$ g

নিজে কর - ৪.৫ :

(1) রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের মান নির্ণয় কর :

(দেওয়া আছে Al = 27, Fe = 55.85, Cu = 63.5, Zn = 65.38, Ni = 58.69, Ag = 108, Hg = 200)।

(i) $AgNO_3$ এর মধ্যে Ag	(ii) $CuSO_4$ এর মধ্যে Cu	(iii) $FeCl_2$ এর মধ্যে Fe
(iv) $FeCl_3$ এর মধ্যে Fe	(v) $Ni(NO_3)_2$ এর মধ্যে Ni	(vi) $AlCl_3$ এর মধ্যে Al
(vii) $ZnCl_2$ এর মধ্যে Zn	(viii) Cu_2Cl_2 এর মধ্যে Cu	(ix) Hg_2Cl_2 এর মধ্যে Hg

উত্তর : (i) 108, (ii) 31.75, (iii) 27.925, (iv) 18.616, (v) 29.345, (vi) 9, (vii) 32.69, (viii) 63.5, (ix) 100।

(2) তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের মান নির্ণয় কর :

(i) $CuCl_2$ এর মধ্যে Cu	(ii) Cu_2Cl_2 এর মধ্যে Cu	(iii) $ZnSO_4$ এর মধ্যে Zn
(iv) $AlCl_3$ এর মধ্যে Al	(v) $FeCl_3$ এর মধ্যে Fe	(vi) $FeCl_2$ এর মধ্যে Fe

উত্তর : (i) 3.29×10^{-4} g, (ii) 6.5803×10^{-4} g, (iii) 3.3875×10^{-4} g, (iv) 9.3264×10^{-5} g, (v) 1.929×10^{-4} g, (vi) 2.8937×10^{-4} g।

৪.৭ ধাতুর সক্রিয়তার সিরিজ (Reactivity Series of Metals)

পর্যায় তালিকায় আবিষ্কৃত মৌলসমূহের ধর্মকে পর্যালোচনা করলে দেখা যায়, কোনো মৌল তড়িৎ ধনাত্মক, কোনো মৌল তড়িৎ ঋণাত্মক আবার কেউ বা রাসায়নিকভাবে নিষ্ক্রিয়। তড়িৎ ধনাত্মক মৌলের মধ্যে কেউ বেশি তড়িৎ ধনাত্মক আবার কেউ বা কম তড়িৎ ধনাত্মক। তড়িৎ ঋণাত্মক মৌলের ক্ষেত্রেও একই বিষয় প্রযোজ্য।

যেসব মৌল তাদের যৌগের তড়িৎ বিশ্লেষণকালে ক্যাথোডে বা ঋণাত্মক তড়িৎদ্বারে জমা হয়, তাদেরকে তড়িৎ ধনাত্মক মৌল বলা হয়। স্বাভাবিকভাবেই এসব মৌল রাসায়নিক বিক্রিয়ার সময় জারিত হয়ে ধনাত্মক আয়নে পরিণত হয়।

এদেরকে তড়িৎ ধনাত্মক মৌল বলে। H সহ সকল ধাতু তড়িৎ ধনাত্মক মৌল। বিপরীতভাবে, যেসব মৌল তাদের যৌগের তড়িৎ বিশ্লেষণকালে অ্যানোড বা ধনাত্মক তড়িৎদ্বারে জমা হয়, তাদেরকে তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল বলা হয়। এসব মৌল রাসায়নিক বিক্রিয়ার সময় বিজারিত হয়ে ঋণাত্মক আয়নে পরিণত হয়।

এ বিষয়ে তোমরা একটা মজার পরীক্ষা সম্পন্ন কর। একটি 250 mL আয়তনের বিকারের মধ্যে তুঁতের নীল বর্ণের প্রায় 100 mL দ্রবণ নিয়ে তাতে 10 থেকে 15 g লোহার টুকরা ডুবিয়ে রাখ। দ্রবণকে কিছুক্ষণ নাড়া চাড়া করে এ অবস্থায় সংরক্ষণ কর এবং পরের দিন এসে পর্যবেক্ষণ কর। কী দেখলে? নিশ্চিয়ই দ্রবণ হালকা সবুজ বর্ণ ধারণ করেছে।

$$Fe(s) + \underset{\text{(নীল)}}{CuSO_4(aq)} \longrightarrow \underset{\text{(হালকা সবুজ)}}{FeSO_4(aq)} + Cu(s).$$

বিকারের দ্রবণটি কিন্তু তখন আর $CuSO_4$ এর দ্রবণ নয়, এটি বেশির ভাগই $FeSO_4$ এর দ্রবণ। তাহলে তোমাদের বুঝতে হবে এখানে Fe, Cu এর তুলনায় অধিক সক্রিয় মৌল।

উপরের বিক্রিয়াটির মূল বিক্রিয়া হলো Fe পরমাণু ইলেকট্রনকে দান করে Fe^{2+} আয়নে পরিণত হয়েছে। আর $CuSO_4$ এর Cu^{2+} আয়ন ঐ ইলেকট্রন গ্রহণ করে Cu ধাতুতে পরিণত হয়েছে।

$$Fe \longrightarrow Fe^{2+} + 2e \text{ (জারণ ক্রিয়া)}; \qquad Cu^{2+} + 2e \longrightarrow Cu \text{ (বিজারণ ক্রিয়া)}$$

যে মৌলের ইলেকট্রন ত্যাগের প্রবণতা যতো বেশি তার বিজারণ বিভবের মান ততো কম এবং মৌল ততো বেশি সক্রিয়। আর যে মৌলের ইলেকট্রন ত্যাগের প্রবণতা যতো কম তার বিজারণ বিভবের মান ততো বেশি এবং মৌলটি ততো কম সক্রিয়।

মৌলের সক্রিয়তার নিম্ন ক্রমানুসারে সাজালে যে মৌল শ্রেণির উদ্ভব ঘটে, তাকে তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণি বা সিরিজ বলে। নিচে এ সিরিজ দেখানো হলো :

সক্রিয়তা বৃদ্ধি

Li
K
Ca
Na
Mg
Al
Zn
Fe
Cr
Cd
Ni
Sn
Pb
H
Cu
Hg
Ag
Au

সক্রিয়তা হ্রাস

এ সিরিজে বেশ কিছু ধর্ম পরিলক্ষিত হয়।

প্রথমত : সিরিজে মৌলের অবস্থান যতো ওপরে, তার সক্রিয়তা নিচের মৌলগুলো অপেক্ষা ততো বেশি হয়। মৌলের সক্রিয়তার আলোকেই ঐ মৌলের বিক্রিয়ার সম্ভাব্যতা সম্পর্কে ধারণা লাভ করা যায়। যেমন, অধিক সক্রিয় মৌলটি, কম সক্রিয় মৌলের যৌগ থেকে মৌলটিকে অপসারণ করবে। Fe এর অবস্থান Cu এর ওপরে বলে $CuSO_4$ থেকে Fe, Cu কে সরিয়ে $FeSO_4$ উৎপন্ন করেছিল।

দ্বিতীয়ত : কোনো ধাতুর অবস্থান সক্রিয়তার সিরিজে H এর ওপরে হলে, তার সক্রিয়তা H অপেক্ষা অধিক এবং এরা এসিডের লঘু দ্রবণ থেকে H কে প্রতিস্থাপন করবে।

$$Zn + H_2SO_4 \text{ (লঘু)} \longrightarrow ZnSO_4 + H_2.$$

তৃতীয়ত : তড়িৎ রাসায়নিক কোষে ক্যাথোড ও অ্যানোড তড়িৎদ্বার নির্ধারণে এদের ভূমিকা বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য। যেমন, যে ধাতুটির সক্রিয়তা অন্য ধাতুটির তুলনায় অধিক ইলেকট্রন ত্যাগ করে জারিত হওয়ার প্রবণতাও তার জন্য অনেক বেশি। ফলে এ ধাতুটি অ্যানোড হিসেবে ব্যবহৃত হবে। আর যার সক্রিয়তা অন্য ধাতুটির তুলনায় তুলনামূলকভাবে কম, ইলেকট্রন ত্যাগ করে জারিত হওয়ার প্রবণতা তার ক্ষেত্রে অন্যের তুলনায় কম। ফলে এ ধাতুটি ক্যাথোড হিসেবে ব্যবহৃত হবে। যেমন, Zn ধাতু Cu ধাতুর তুলনায় অনেক বেশি সক্রিয়। তাই ড্যানিয়েল কোষে Zn ধাতুকে অ্যানোড এবং Cu ধাতুকে ক্যাথোড হিসেবে ব্যবহার করা হয়।

মনে রাখবে : Li, K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Sn, Pb, H.

Li থেকে Na পর্যন্ত মৌলগুলো পানি থেকে H কে প্রতিস্থাপিত করতে পারে। Li থেকে Cd পর্যন্ত মৌলগুলো স্টিম থেকে H কে প্রতিস্থাপিত করতে পারে। Li থেকে Pb পর্যন্ত মৌলগুলো খনিজ এসিড থেকে H কে প্রতিস্থাপিত করতে পারে। Cu থেকে Au পর্যন্ত ধাতুগুলো এসিড থেকে H কে প্রতিস্থাপিত করতে পারে না।

মনে রাখবে : মারকারী (Hg), সিলভার (Ag), তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণিতে হাইড্রোজেনের নিচে থাকলেও এরা H_2S থেকে H_2 প্রতিস্থাপিত করে ধাতব সালফাইড যৌগ গঠন করে। H_2S এর সাথে Hg ও Ag এর বিক্রিয়ার সময় ওদের জারণ বিভব অস্বাভাবিকভাবে বেড়ে যায়। সেজন্য এরা সহজেই জারিত হয়ে Hg^{2+} এবং Ag^{+} আয়নে পরিণত হয়। এ কারণে S^{2-} আয়নের উপস্থিতিতে Hg ও Ag, H^{+} কে বিজারিত করে হাইড্রোজেনে পরিণত করে।

$Hg + H_2S \rightarrow HgS + H_2$; $Ag + H_2S \rightarrow Ag_2S + H_2$

HgS ও Ag_2S সুস্থিত যৌগ।

রুপার তৈরি অলংকার বায়ুর H_2S এর সাথে বেশিদিন থাকলে কালো হয়ে যায়। রুপার ওপর কালো বর্ণের Ag_2S এর আস্তরের সৃষ্টি হয়।

ধাতুর সক্রিয়তা সিরিজের বৈশিষ্ট্য :

১. ধাতুর সক্রিয়তার সিরিজ থেকে ধাতুর সক্রিয়তার একটি ক্রম জানা যায়।

২. এ সিরিজ থেকে জানা যায় কোন ধাতু কোন ধাতুর আয়নকে তার দ্রবণ হতে বা যৌগ হতে প্রতিস্থাপন করবে। সক্রিয়তার সিরিজে ওপরে অবস্থানকারী মৌল একই সিরিজে নিচে অবস্থানকারী মৌলকে অতি সহজেই প্রতিস্থাপন করতে পারে। যেমন, Mg ধাতু Zn^{2+} আয়নকে, Zn ধাতু Fe^{2+} আয়নকে, Fe ধাতু Cu^{2+} আয়নকে, Cu ধাতু Ag^{+} আয়নকে বিজারিত করতে পারবে। আবার Fe^{2+} আয়ন Ag^{+} আয়নকে বিজারিত করতে পারে।

৩. সিরিজের উপরে অবস্থানকারী ধাতু তীব্র বিজারক এবং এদের আয়ন খুবই সুস্থিত। সিরিজের নিচে অবস্থানকারী মৌলসমূহ দুর্বল বিজারক ও এদের আয়নসমূহ অপেক্ষাকৃত কমস্থায়ী হয় এবং এরা সহজেই বিজারিত হয়ে পুনরায় ধাতুতে পরিণত হয়।

৪. সিরিজের কোনো একটি ধাতুর প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভবের মান ধাতুটির তড়িৎদ্বারে বিক্রিয়া ঘটার প্রবণতাকে নির্দেশ করে থাকে। এ ধর্মের কারণেই দ্রবণে ধাতু ও তার আয়নের মধ্যে তড়িৎদ্বার বিভবের মান নির্ধারিত হয়।

৫. সিরিজে H-এর উপরের অবস্থানকারী মৌলসমূহের যেকোনোটির দ্বারা এসিডের H পরমাণু প্রতিস্থাপিত হতে পারবে। সিরিজে H এর নিচে অবস্থানকারী মৌলের পক্ষে এটা সম্ভব নয়।

৬. সিরিজে H এর নিচে অবস্থানকারী মৌলসমূহ এসিড হতে H কে প্রতিস্থাপন করে না। এরা রাসায়নিক বিক্রিয়ার সময় নিজেদের জারিত অবস্থাকে বিজারিত করে থাকে।

রসায়ন শাস্ত্রে রাসায়নিক বিক্রিয়ার প্রাথমিক পর্যায় ধাপগুলোকে বোঝার জন্য হলেও ধাতুর সক্রিয়তা সিরিজের ভূমিকা এক কথায় অনন্য।

চিন্তা করে উত্তর দাও – ৪.৬ :

১. কোনো দ্রবণে Cu^{2+} ও Zn^{2+} আয়ন থাকলে কোন আয়নটি আগে ক্যাথোডে ইলেকট্রন গ্রহণ করে চার্জমুক্ত হবে।

২. কোনো দ্রবণে Cl^{-} ও I^{-} আয়ন থাকলে কোন আয়নটি ইলেকট্রন ত্যাগ করে অ্যানোডে চার্জমুক্ত হবে?

মনে রাখবে : ধাতুর মতো অধাতুগুলোকেও তাদের ক্রমহ্রাসমান জারণ ক্ষমতা অনুযায়ীর উপর থেকে নিচে সাজানো হয়েছে। জারণ ক্ষমতার হ্রাস অনুযায়ী → F, O, Cl, Br, I, S, P, N, C. ফ্লোরিন সবচেয়ে শক্তিশালী জারক।

৪.৮ ব্যবহারিক : ধাতুর তুলনামূলক সক্রিয়তা পরীক্ষা (Comparative Reactivity Tests of Metals)

মূলনীতি : ধাতুর সক্রিয়তার সিরিজ থেকে নিশ্চিয়ই তোমরা জেনেছ অধিক সক্রিয় ধাতু দ্রবণে কম সক্রিয় ধাতুকে তার যৌগ হতে অপসারণ করে থাকে। সক্রিয়তার সিরিজে Fe এর অবস্থান Cu এর উপরে এবং Zn এর অবস্থান Fe এর ওপরে। তাই Fe ধাতু, Cu^{2+} লবণের দ্রবণ থেকে Cu ধাতুকে এবং Zn ধাতু, Fe^{2+} লবণের দ্রবণ থেকে Fe কে প্রতিস্থাপন করবে।

$Fe(s) + Cu^{2+}$ লবণ $(aq) \longrightarrow Fe^{2+}$ লবণ $(aq) + Cu(s)$.

$Zn(s) + Fe^{2+}$ দ্রবণ $(aq) \longrightarrow Zn^{2+}$ লবণ $(aq) + Fe(s)$.

অর্থাৎ Cu^{2+} আয়নের বিজারণ বিভবের মান Fe^{2+} আয়ন অপেক্ষা বেশি। একইভাবে Fe^{2+} আয়নের বিজারণ বিভবের মান Zn^{2+} আয়ন অপেক্ষা বেশি। তাই Cu ও Fe একই দ্রবণে থাকলে Fe এর জারণ ঘটবে। অনুরূপভাবে Fe ও Zn একই দ্রবণে থাকলে Zn এর জারণ ঘটবে। ফলে Fe ও Cu এর মধ্যে Fe অধিক সক্রিয় এবং Zn ও Fe এর মধ্যে Zn অধিক সক্রিয়।

পরীক্ষা :

১. 250 mL আয়তনের দুটি পরিষ্কার বিকার নাও। বিকার দুটিকে যথাক্রমে ১নং ও ২নং এভাবে চিহ্নিত কর।

২. বিকার দুটির প্রত্যেকটিতে 100 mL করে যথাক্রমে $CuSO_4$ ও $FeSO_4$ দ্রবণ যোগ কর। দ্রবণ যেকোনো ঘনমাত্রার হতে পারে, তবে লঘু নিলে ভালো হয়।

৩. বিকারে রক্ষিত দ্রবণ দুটির বর্ণ পর্যবেক্ষণ কর। প্রথম ও দ্বিতীয় বিকারের দ্রবণের বর্ণ যথাক্রমে নীল ও সবুজ।

৪. প্রথম বিকারের দ্রবণের মধ্যে প্রায় 5 g পরিমাণ লোহার গুঁড়া ও 5 g পরিমাণ কপারের টুকরা যোগ কর। একইভাবে দ্বিতীয় বিকারের দ্রবণের মধ্যে প্রায় 5 g দস্তা (Zn) ও 5 g পরিমাণ লোহার ছোট ছোট টুকরা যোগ কর।



চিত্র ৪.১০ : $CuSO_4$ দ্রবণ (নীল) ও $FeSO_4$ দ্রবণ (সবুজ)

৫. দুটি বিকারের দ্রবণের মধ্যে কাচ দণ্ড যোগ করে ভালোভাবে নাড়তে থাক এবং কিছুক্ষণ অপেক্ষা কর।

পর্যবেক্ষণ : প্রথম বিকারের দ্রবণের বর্ণ নীল থেকে ধীরে ধীরে সবুজ বর্ণ ধারণা করেছে এবং বিকারের নীচে যুক্ত লোহার পরিমাণের হ্রাস ঘটেছে বা সম্পূর্ণভাবে দ্রবীভূত হয়ে গিয়েছে কিন্তু যুক্ত Cu এর পরিমাণের বৃদ্ধি ঘটেছে।

$$CuSO_4(aq) + Fe(s) \longrightarrow FeSO_4(aq) + Cu(s)$$

দ্বিতীয় বিকারের দ্রবণের বর্ণ সবুজ থেকে ধীরে ধীরে বর্ণহীন হয়েছে। বিকারের মধ্যে যুক্ত Zn এর পরিমাণ হ্রাস ঘটেছে বা সম্পূর্ণভাবে দ্রবীভূত হয়ে গিয়েছে কিন্তু যুক্ত Fe এর পরিমাণের বৃদ্ধি ঘটেছে।

$$FeSO_4(aq) + Zn(s) \longrightarrow ZnSO_4(aq) + Fe(s)$$

সিদ্ধান্ত : Cu ও Fe এ ধাতু দুটির মধ্যে Fe ধাতু Cu অপেক্ষা অধিক সক্রিয়। Fe ও Zn এ ধাতু দুটির মধ্যে Zn ধাতু Fe অপেক্ষা অধিক সক্রিয়।

৬. এবার বিকার দুটিতে যে কোনও ঘনমাত্রার $ZnSO_4$ দ্রবণকে নিয়ে ১নং বিকারের মধ্যে সামান্য Cu গুঁড়া এবং ২নং বিকারের মধ্যে সামান্য লোহার গুঁড়া যোগ করে কাচদণ্ড দ্বারা 10 মিনিট দ্রবণকে নাড়াচাড়া কর।

পর্যবেক্ষণ : দ্রবণ বর্ণহীন থেকে গেলে এবং সংযুক্ত Cu ও Fe এর পরিমাণের কোন পরিবর্তন ঘটে নাই।

সিদ্ধান্ত : Cu ও Fe ধাতু দুটি Zn অপেক্ষা কম সক্রিয়।

৭. এবার বিকার দুটিতে প্রায় 100 mL করে ট্যাপের পানি নাও। ১ম বিকারের মধ্যে সামান্য Cu, Fe ও Zn এর গুঁড়া যোগ কর। ২য় বিকারের মধ্যে মটরদানা থেকেও ছোট পরিমাণের এক টুকরা Na ধাতু যোগ কর।

পর্যবেক্ষণ : ১ম বিকারের মধ্যে কোন বিক্রিয়া ঘটে নাই এবং সংযুক্ত উপাদান পরিমাণে অপরিবর্তিত থাকে। ২য় বিকারে Na ধাতু পানির উপরিতলে ছুটতে থাকে এবং স্ফুলিঙ্গ সৃষ্টি করে উহা অদৃশ্য হয়ে গিয়েছিল।

সিদ্ধান্ত : Na ধাতু Cu, Fe ও Zn অপেক্ষা অধিক সক্রিয়।

কতগুলো ধাতুর গ্রাম পারমাণবিক ভর ও ঘনত্বের মান দেওয়া হলো–

ধাতুর নাম	প্রতীক	গ্রাম পারমাণবিক ভর ($g\ mol^{-1}$)	ঘনত্ব ($g\ cm^{-3}$)
অ্যালুমিনিয়াম	Al	26.982	2.70
আয়রন	Fe	55.845	7.87
নিকেল	Ni	58.693	8.903
কপার	Cu	63.546	8.96
জিঙ্ক	Zn	65.38	7.13
সিলভার	Ag	107.87	10.5
গোল্ড	Au	196.97	19.32

উদাহরণ ১ : একটি অ্যালুমিনিয়ামের সরু তারের মধ্য দিয়ে 1.5 amp তড়িৎ 30 মিনিট 10 সেকেন্ড চালনা করলে ঐ সময়ে কতটি ইলেকট্রন প্রবাহিত হয়?

সমাধান : প্রবাহিত তড়িতের সময় = $(30 \times 60 + 10) = 1810$ সেকেন্ড

প্রবাহিত মোট তড়িতের পরিমাণ = $1.5 \times 1810 = 2715$ C.

96500 C তড়িৎ প্রবাহিত হলে ইলেকট্রনের প্রবাহ ঘটে 6.023×10^{23} টি

$\therefore$ 2715 C তড়িৎ প্রবাহিত হলে ইলেকট্রনের প্রবাহ ঘটে $\frac{6.023 \times 10^{23} \times 2715}{96500} = 1.6945 \times 10^{22}$ টি

$\therefore$ প্রবাহিত ইলেকট্রনের সংখ্যা = 1.6945×10^{22} টি

উদাহরণ ২ : একটি ধাতব পাত্রকে $Ni(NO_3)_2$ দ্রবণে রেখে 3.5 A বিদ্যুৎ চালনা করে তার পৃষ্ঠতলের উপর Ni ধাতুর প্রলেপ দেয়া হলো। $1650\ cm^2$ পৃষ্ঠতলের ও 9.5×10^{-3} mm পুরুত্বের Ni ধাতুর প্রলেপের জন্য প্রয়োজনীয় সময় নির্ধারণ কর। (Ni ধাতুর ঘনত্ব $8.903\ g\ cm^{-3}$)।

সমাধান : 9.5×10^{-3} mm = 9.5×10^{-4} cm।

প্রলেপ যুক্ত Ni ধাতুর আয়তন = $1650 \times 9.5 \times 10^{-4} = 1.5675\ cm^3$

Ni ধাতুর ভর = আয়তন $\times$ ঘনত্ব = $1.5675 \times 8.903 = 13.9554$ g

$Ni^{2+} + 2e \rightarrow Ni$

58.693 g Ni ধাতুকে জমা করতে প্রয়োজনীয় তড়িৎ 2×96500 C.

13.9554 g Ni ধাতুকে জমা করতে প্রয়োজনীয় তড়িৎ $\frac{2 \times 96500 \times 13.9554}{58.693} = 45889.66$ C।

$\therefore$ প্রয়োজনীয় সময়, $t = \frac{Q}{I} = \frac{45889.66}{3.5} = 13111.33$ সেকেন্ড = 3 ঘণ্টা 38 মিনিট 31 সেকেন্ড।

অতএব, প্রয়োজনীয় সময় 3 ঘণ্টা 38 মিনিট 31 সেকেন্ড।

উদাহরণ ৩ : 150 mL 1.5 M $CuSO_4$ এর জলীয় দ্রবণে 2.5 amp তড়িৎ 5 মিনিট 25 সেকেন্ড সময় ধর চালনা করা হলো। যদি প্রবাহিত তড়িতের কার্যক্ষমতা 90% হয়। তবে তড়িৎ বিশ্লেষণের পর দ্রবণের pH মান নির্ণয় কর।

সমাধান : 5 মিনিট 25 সেকেন্ড = $(5 \times 60 + 25) = 325$ সেকেন্ড

দ্রবণে প্রবাহিত মোট তড়িতের পরিমাণ = $2.5 \times 325 = 812.5$ C।

প্রবাহিত তড়িতের কার্যক্ষমতা 90%

$\therefore$ কার্যকরী তড়িতের পরিমাণ = $812.5 \times 0.9 = 731.25$ C

$CuSO_4 \rightarrow Cu^{2+} + SO_4^{2-}$

$Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu$

$\therefore$ 2×96500 C তড়িৎ $\equiv$ 1 মোল Cu^{2+} আয়ন

$\therefore$ 731.25 C তড়িৎ $\equiv 3.7888 \times 10^{-3}$ মোল Cu^{2+} আয়ন

$CuSO_4$ দ্রবণের তড়িৎবিশ্লেষণের ক্ষেত্রে যত মোল Cu^{2+} আয়ন আধানমুক্ত হয় ঠিক ততো মোল H_2SO_4 দ্রবণে উৎপন্ন হয়।

$\therefore$ দ্রবণে উৎপন্ন H_2SO_4 এর পরিমাণ 3.7888×10^{-3} mol

$\therefore$ দ্রবণে H_2SO_4 এর ঘনমাত্রা = $\frac{3.7888 \times 10^{-3} \times 1000}{150}$ M = 0.025259 M = 2.5259×10^{-2} M

H_2SO_4 একটি দ্বি ক্ষারকীয় এসিড।

$\therefore$ H_2SO_4 দ্রবণে H_3O^+ আয়নের ঘনমাত্রা $2 \times 2.5259 \times 10^{-2}$ M = $5.0518 \times 10^{-2}\ g\ ion\ L^{-1}$

$\therefore$ দ্রবণের pH = $-\log_{10}(5.0518 \times 10^{-2}) = 1.347$

$\therefore$ দ্রবণের pH মান 1.347।

উদাহরণ ৪ : একটি ফুলদানিকে Ag^+ আয়নের লবণের দ্রবণে রেখে 7 ঘণ্টা 30 মিনিট 20 সেকেন্ড ধরে 6.5 amp তড়িৎপ্রবাহ চালনা করা হলো। যদি ফুলদানির উপর জমাকৃত Ag এর পুরুত্ব 2.75×10^{-3} cm এবং Ag এর ঘনত্ব 10.5 g cm^{-3} হয় তবে জমাকৃত Ag ধাতুর পরিমাণ এবং ফুলদানির পৃষ্ঠতলের ক্ষেত্রফল নির্ণয় কর।

সমাধান : $Ag^+ + e \rightarrow Ag$

পরিবাহিতে প্রবাহিত তড়িতের সময় $= (7 \times 60 + 30) \times 60 + 20 = 27020$ সেকেন্ড

$\therefore$ পরিবাহিতে প্রবাহিত মোট তড়িতের পরিমাণ $= 6.5 \times 27020 = 175630$ C

96500 C তড়িৎপ্রবাহ চালনা করলে জমাকৃত Ag ধাতুর পরিমাণ 108 g

$\therefore$ 175630 C তড়িৎপ্রবাহ চালনা কররে জমাকৃত Ag ধাতুর পরিমাণ $= \frac{108 \times 175630}{96500} = 196.56$ g

জমাকৃত Ag এর আয়তন $= \frac{196.56}{10.5} = 18.72\ cm^3$

$\therefore$ ফুলদানির ক্ষেত্রফল $= \frac{\text{আয়তন}}{\text{পুরুত্ব}} = \frac{18.72}{2.75 \times 10^{-3}} = 6807.27\ cm^2$

$\therefore$ ফুলদানির ক্ষেত্রফল $6807.27\ cm^2$।

দলগতভাবে কর – ৪.৭ (উচ্চতর দক্ষতা স্তর) :

১. বিজারণ ক্রিয়াটি লক্ষ কর : $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$
এক মোল $Cr_2O_7^{2-}$ কে Cr^{3+} আয়নে পরিণত করতে কতটি ইলেকট্রন প্রবাহিত করার প্রয়োজন? **উত্তর :** 3.6138×10^{24} টি।

২. KCl এর ক্ষারীয় দ্রবণে তড়িৎ বিশ্লেষণ করলে $KClO_3$ উৎপন্ন হয়।
$6OH^- + Cl^- \rightarrow ClO_3^- + 3H_2O + 6e$
5.0 amp তড়িৎ কত সময় চালনা করলে 12.5 g $KClO_3$ উৎপন্ন করা সম্ভব। **উত্তর :** 3 ঘণ্টা 16 মিনিট 56 সেকেন্ড।

৩. একটি ধাতব পাতকে $AgNO_3$ দ্রবণে রেখে 2.5 A তড়িৎ চালনা করে তার পৃষ্ঠতলের উপর Ag ধাতুর প্রলেপ দেওয়া হলো। 950 cm^2 পৃষ্ঠতলের ও 8×10^{-3} mm পুরুত্বের Ag ধাতুর প্রলেপের জন্য কত সময়ের প্রয়োজন? (Ag এর ঘনত্ব 10.5 g cm^{-3}) [**উত্তর :** 2852.11 সেকেন্ড]

৪. একটি সিলভারের অলংকার $HAuCl_4$ দ্রবণে রেখে 3.5 A তড়িৎ প্রবাহ চালনা করে তার পৃষ্ঠতলের উপর Au ধাতুর প্রলেপ দেওয়া হলো। 850 cm^2 পৃষ্ঠতলের ও 9×10^{-3} mm পুরুত্বের Au ধাতুর প্রলেপের জন্য কত সময়ের প্রয়োজন? (Au এর ঘনত্ব 19.32 g cm^{-3})। [**উত্তর :** 1 ঘণ্টা 43 মিনিট 26.53 সেকেন্ড বা 6206.53 সেকেন্ড]

৫. একটি ধাতব পাতকে $Ni(NO_3)_2$ দ্রবণে রেখে 3.5 A বিদ্যুৎ চালনা করে তার পৃষ্ঠতলের উপর Ni ধাতুর প্রলেপ দেওয়া হলো। 1650 cm^2 পৃষ্ঠতলের ও 9.5×10^{-3} mm পুরুত্বের Ni ধাতুর প্রলেপের জন্য কত সময়ের প্রয়োজন? (Ni ধাতুর ঘনত্ব 8.903 g cm^{-3})। [**উত্তর :** 3 ঘণ্টা 38 মিনিট 31.33 সেকেন্ড]

৬. একটি ধাতব পাতকে $AgNO_3$ দ্রবণে ডুবিয়ে 1 ঘণ্টা 5 মিনিট 35 সেকেন্ড সময় ধরে নির্দিষ্ট মাত্রার তড়িৎপ্রবাহ চালনা করে পাত্রের পৃষ্ঠতলের উপর Ag ধাতুর প্রলেপ দেওয়া হলো। 1050 cm^2 পৃষ্ঠতলের ও 9.5×10^{-3} mm পুরুত্বের Ag ধাতুর প্রলেপের জন্য প্রয়োজনীয় তড়িতের মাত্রা নির্ধারণ কর। [**উত্তর :** 2.378 A]

৭. কোনো একটি ড্যানিয়েল কোষ থেকে 1 ঘণ্টা 20 মিনিটে 12.5 A তড়িৎপ্রবাহ তড়িৎবিশ্লেষ্য দ্রবণে চালনা করা হলো। ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারের ভর বৃদ্ধির পরিমাণ ও অ্যানোড তড়িদ্দ্বারের ভর হ্রাসের পরিমাণ নির্ধারণ কর। [**উত্তর :** ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারের ভর বৃদ্ধি 22.208 g এবং অ্যানোড তড়িদ্দ্বারের ভর হ্রাস 22.873 g]

৮. Cu^{2+} আয়নের জলীয় দ্রবণের মধ্যে 5 amp তড়িৎ 1 ঘণ্টা 12 মিনিট সময় চালনা করার ফলে 4.5 g Cu ধাতু ক্যাথোড তড়িৎদ্বারা জমা হয়। প্রবাহিত তড়িতের দক্ষতা (efficiency) নির্ণয় কর। **উত্তর :** 63.32%।

৯. একটি 300 cm^3 ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট ধাতব পাতের উপর নিকেল ধাতুর প্রলেপ দেওয়ার জন্য 3 ঘণ্টা 36 মিনিট যাবৎ 1.25 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহ চালনা করা হলো। ধাতব পাতের উপর প্রলেপ দেওয়া নিকেলের পুরুত্ব নির্ণয় কর। নিকেলের ঘনত্ব 8.8 g mL^{-1} এবং তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক 3.04×10^{-4} g C^{-1}। [**উত্তর :** 1.87×10^{-3} cm]

১০. এসিড মিশ্রিত $CuSO_4$ দ্রবণের মধ্যদিয়ে 1.5 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎপ্রবাহ 5 মিনিট 21 সেকেন্ড ধরে প্রবাহিত করলে ক্যাথোডে 0.1589 গ্রাম কপার জমা হয়। এ ফলাফল থেকে ফ্যারাডের মান এবং কপার আয়নের আধান কুলম্বে নির্ণয় কর। [**উত্তর :** 96508.8 কুলম্ব, 3.204×10^{-19} কুলম্ব]

১১. এসিড মিশ্রিত পানিতে 1.5 amp তড়িৎ 30 মিনিট 20 সেকেন্ড ধরে চালনা করলে উৎপন্ন H_2 গ্যাসের ভর নির্ণয় কর। **উত্তর :** 2.85×10^{-2} g।

১২. NaCl এর জলীয় দ্রবণে কোনো নির্দিষ্ট পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ চালনা করলে 284 g Cl_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়। তড়িৎ বিশ্লেষণের পর উৎপন্ন NaOH এর পরিমাণ নির্ণয় কর। **উত্তর :** 160 g।

১৩. কোনো নির্দিষ্ট পরিমাণ তড়িৎ t সেকেন্ডে 0.675 g H_2 গ্যাস মুক্ত করে। একই পরিমাণ তড়িৎ একই সময়ে কত গ্রাম O_2 গ্যাস মুক্ত করবে? **উত্তর :** 5.40 g।

১৪. কোনো নির্দিষ্ট পরিমাণ তড়িৎ t সেকেন্ড সময় যাবত $CuSO_4$ এর জলীয় দ্রবণে চালনা করলে 1.5875 g Cu ক্যাথোডে জমা হয়। যদি একই পরিমাণ তড়িৎ একই সময় ধরে অ্যালুমিনিয়াম লবণের দ্রবণের মধ্যে চালনা করা হয়, তবে ক্যাথোডে কত গ্রাম Al ধাতু জমা পড়বে? **উত্তর :** 0.45 g।

১৫. 0.25 M ঘনমাত্রার 1L $AgNO_3$ দ্রবণ থেকে সমস্ত Ag^+ আয়নকে Ag ধাতুতে রূপান্তরিত করতে প্রয়োজনীয় তড়িতের পরিমাণ নির্ণয় কর। **উত্তর :** 0.25 F।

১৬. একটি তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষে $AgNO_3$ দ্রবণ রেখে তড়িৎপ্রবাহ চালনা করা হলো। এ সময়ে অ্যানোড তড়িৎদ্বারে 0.8 g O_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়ে থাকলে ক্যাথোড তড়িৎদ্বারে উৎপন্ন Ag(108) ধাতুর ভর নির্ণয় কর। **উত্তর :** 10.8 g।

১৭. 200 mL ডেসিমোলার NaCl দ্রবণের মধ্য দিয়ে 2.5 amp তড়িৎ 4 মিনিট 38 সেকেন্ড সময় ধরে প্রবাহিত করা হলো যদি প্রবাহিত তড়িতের কার্যক্ষমতা 90% হয়, তবে তড়িৎবিশ্লেষণের পর উৎপন্ন দ্রবণের pH মান নির্ণয় কর। **উত্তর :** 12.478।

১৮. 100 mL 0.1 M NaCl দ্রবণের মধ্যে 1.5 A বিদ্যুৎ 10 মিনিট চালনা করা হলো। তড়িৎ বিশ্লেষণের পরে দ্রবণে OH^- আয়নের মোলার ঘনমাত্রা নির্ণয় কর। **উত্তর :** 9.326×10^{-2} M।

১৯. 32.69 g ভরের এক টুকরা বিশুদ্ধ জিংকের পাতকে 200 mL। M $CuSO_4$ দ্রবণের মধ্যে ডুবানো হলো। কিছু সময় পর দেখা গেল দ্রবণে Cu^{2+} আয়নের ঘনমাত্রা 0.75 M এ নেমে এসেছে। দ্রবণ থেকে জিংকের পাতকে তুলে পানি দ্বারা ধূয়ে শুষ্ক করে ওজন নেয়া হলো। বর্তমানে জিংকের টুকরার ভর নির্ণয় কর এবং দ্রবণে SO_4^{2-} আয়নের ঘনমাত্রা নির্ধারণ কর। **উত্তর :** জিংকের ভর 29.421 g এবং SO_4^{2-} আয়নের ঘনমাত্রা অপরিবর্তিত।

২০. 80 mL 0.125 M $NiSO_4$ দ্রবণের মধ্যে 5.0 amp তড়িৎ 30 মিনিট 10 সেকেন্ড ধরে পরিচালনা করা হলো। (Ni = 58.7)।
(i) কত কুলম্ব বিদ্যুৎ পরিচালনা করা হয়েছিল? **উত্তর :** 9050 C।
(ii) ক্যাথোড তড়িৎদ্বারে কত গ্রাম নিকেল ধাতু জমা পড়বে? **উত্তর :** 2.7525 g।
(iii) দ্রবণ থেকে সমস্ত Ni^{2+} আয়নকে মুক্ত করতে কত সময় ধরে তড়িৎপ্রবাহ চারনা করা প্রয়োজন? **উত্তর :** 6 মিনিট 26 সেকেন্ড।

২১. নিচের বিজারণ বিক্রিয়ার জন্য প্রতিটি ক্ষেত্রে কত কুলম্ব তড়িতের প্রয়োজন গণনা কর।
(i) 2.5×10^{-3} mol Ni^{2+} থেকে Ni। **উত্তর :** 482.5 C।
(ii) 300 mL 0.2 M $Cu(NO_3)_2$ থেকে Cu। **উত্তর :** 11580 C।
(iii) 1000 mL 0.08 M MnO_4^- থেকে Mn^{2+}। **উত্তর :** 38600 C।
(iv) 1.25 g Sn^{4+} থেকে Sn^{2+}। (Sn = 118) **উত্তর :** 2044.49 C।

২২. 2.5 amp তড়িৎ 2 ঘণ্টা 20 মিনিট 10 সেকেন্ড সময় $CuSO_4$ এর দ্রবণের মধ্যে চালনা করলে 4.65 g কপার ধাতু জমা হয়। প্রবাহিত তড়িতের কার্যকরী দক্ষতা (efficiency) নির্ণয় কর। **উত্তর :** 67.22%।

২৩. ইথানয়েট আয়ন ($CH_3 - COO^-$) এর মধ্যে তড়িৎ বিশ্লেষণ করে ইথেন গ্যাস উৎপন্ন করা হলো।
$2\,CH_3 - COO^- \longrightarrow CH_3 - CH_3 + 2\,CO_2 + 2e$
দ্রবণের মধ্যে 1.5 amp তড়িৎ 2 ঘণ্টা 20 মিনিট 20 সেকেন্ড চালনা করা হলে এবং প্রবাহিত তড়িতের 85% কার্যকরী দক্ষতায় পরিণত হয়। 35 °C তাপমাত্রা ও 765 mm (Hg) চাপে উৎপন্ন ইথেন গ্যাসের আয়তন নির্ণয় কর। এ প্রক্রিয়ায় কত আয়তন CO_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়েছিল। **উত্তর :** 1.39736 L ও 2.79472 L।

৪.৯ জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া ও বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া

(Oxidation Half-Reactions & Reduction Half-Reactions)

কোনো একটি তড়িৎ রাসায়নিক কোষ সৃষ্টি হয় দুটি তড়িৎদ্বারের সমন্বয়ে। দুটি তড়িৎদ্বার ও তড়িৎ বিশ্লেষ্যের সমন্বয়ে একটি পূর্ণাঙ্গ তড়িৎ রাসায়নিক কোষ তৈরি করা হয়। উদাহরণস্বরূপ একটি Cu পাতকে Cu^{2+} দ্রবণে আংশিকভাবে নিমজ্জিত করে কপার তড়িৎদ্বার এবং Zn পাতকে Zn^{2+} দ্রবণে আংশিক নিমজ্জিত করে জিঙ্ক তড়িৎদ্বার তৈরি করা হয়। এ দুটি তড়িৎদ্বারকে নিয়ে তৈরি করা হয় একটি পূর্ণাঙ্গ তড়িৎ রাসায়নিক কোষ। এ রাসায়নিক কোষের এক একটি তড়িৎদ্বার ও

তড়িৎ বিশ্লেষ্যের যুগলকে অর্ধকোষ বলা হয়ে থাকে। যে অর্ধকোষে জারণ ঘটে, তাকে জারণ অর্ধকোষ এবং যে অর্ধকোষে বিজারণ ঘটে, তাকে বিজারণ অর্ধকোষ বলা হয়। যেমন ডেনিয়েল কোষের ক্ষেত্রে $Zn(s)/ZnSO_4(aq)$ বা, $Zn(s)/Zn^{2+}(aq)$ একটি জারণ অর্ধকোষ এবং $CuSO_4(aq)/Cu(s)$ বা $Cu^{2+}(aq)/Cu(s)$ হলো বিজারণ অর্ধকোষ।

জারণ কোষের বিক্রিয়া জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া আর বিজারণ কোষের বিক্রিয়া বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া নামে পরিচিত। তাহলে $Zn(s)/Zn^{2+}(aq)$ এ জারণ অর্ধকোষের জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e$।

বিপরীতভাবে $Cu^{2+}(aq)/Cu(s)$ এ বিজারণ অর্ধকোষের বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া $Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu$.

দুটি অর্ধকোষ বিক্রিয়ার সমষ্টিকে একত্রে কোষ বিক্রিয়া বলা হয়ে থাকে। প্রকৃত অর্থে তড়িৎ রাসায়নিক কোষের বিক্রিয়া একটি জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া। কোষের সামগ্রিক জারণ-বিজারণ ক্রিয়ার ফলেই তড়িৎ প্রবাহের উৎপত্তি। কোষের সামগ্রিক বিক্রিয়া কোষের দু'প্রান্তে ঘটে। কোষের একপ্রান্তে অ্যানোড কোষ সেখানে জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া ঘটে এবং অপরপ্রান্তে ক্যাথোড কোষ যেখানে বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া ঘটে। ফলে প্রতিটি রাসায়নিক কোষেরই দুটি অর্ধকোষ হলো–

(ক) অ্যানোড অর্ধকোষ : এখানে জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া ঘটে। **(খ) ক্যাথোড অর্ধকোষ :** এখানে বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া ঘটে।

গঠনভেদে অর্ধকোষকে পাঁচ ভাগে ভাগ করা হয়ে থাকে। সেদিক থেকে জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া ও বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়াকেও পাঁচ ভাগে ভাগ করা হয়ে থাকে। যথা– **১. ধাতু ধাতব আয়ন অর্ধকোষ, ২. ধাতুর অ্যামালগাম ধাতব আয়ন অর্ধকোষ, ৩. ধাতু ও ধাতুর অদ্রবণীয় লবণ অর্ধকোষ, ৪. একই ধাতুর দুটি ভিন্ন আয়নের জারণ-বিজারণ অর্ধকোষ, ৫. গ্যাস অর্ধকোষ।**

১. **ধাতু ধাতব আয়ন অর্ধকোষ :** এক্ষেত্রে কোনো একটি কঠিন ধাতুর সংস্পর্শে ঐ ধাতুর আয়নের দ্রবণ থাকে। যেমন $M/M^{n+}(aq)$ এখানে M ধাতুর প্রতীক এবং n এর জারণ মান। বাস্তব উদাহরণ হলো– $Zn(s)/Zn^{2+}(aq)$, $Ni(s)/Ni^{2+}(aq)$, $Ag(s)/Ag^{+}(aq)$ ইত্যাদি।

এক্ষেত্রে জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $M(s) \rightarrow M^{n+}(aq) + ne$ এবং বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $M^{n+}(aq) + ne \rightarrow M(s)$

যেমন, $Zn(s)/Zn^{2+}(aq)$ এর ক্ষেত্রে :

$Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e$ জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া; $Zn^{2+}(aq) + 2e \rightarrow Zn(s)$ বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া

এবং $Ag(s)/Ag^{+}(aq)$ এর ক্ষেত্রে :

$Ag(s) \rightarrow Ag^{+}(aq) + e$ জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া; $Ag^{+}(aq) + e \rightarrow Ag(s)$ বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া

২. **ধাতুর অ্যামালগাম ধাতব আয়ন অর্ধকোষ :** অত্যন্ত সক্রিয় ধাতুর সাথে পারদ (Hg) মিশিয়ে এ মিশ্রণ দ্বারা ধাতু অ্যালামগাম দণ্ডকে ঐ ধাতুর লবণের দ্রবণে ডুবিয়ে এ জাতীয় অর্ধকোষ তৈরি করা হয়। যেমন, $Na - Hg(s)/Na^{+}(aq)$ এর ক্ষেত্রে–

জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $Na - Hg(s) \rightarrow Na^{+}(aq) + Hg(l) + e$; বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $Na^{+}(aq) + Hg(l) + e \rightarrow Na - Hg(s)$

৩. **ধাতু ও ধাতুর অদ্রবণীয় লবণ অর্ধকোষ :** এক্ষেত্রে ধাতুকে তার অদ্রবণীয় কোনো লবণের মধ্যে রেখে ঐ অদ্রবণীয় লবণের অ্যানায়ন যুক্ত একটি তড়িৎ বিশ্লেষ্য যোগ করা হয়ে থাকে। যেমন, ক্যালোমেল ইলেকট্রোড, $Hg(l)$, $Hg_2Cl_2(s)/Cl^{-}(aq)$; $Ag(s)$, $AgCl(s)/Cl^{-}(aq)$; $Hg(l)$, $Hg_2SO_4(s) / SO_4^{2-}(aq)$ ইত্যাদি এ জাতীয় অর্ধকোষ।

ক্যালোমেল তড়িৎদ্বারের জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $2Hg(l) + 2Cl^{-}(aq) \rightarrow 2Hg^{+}(aq) + 2Cl^{-} + 2e$

বা, $2Hg(l) + 2Cl^{-}(aq) \rightarrow Hg_2Cl_2(s) + 2e$

বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $Hg_2Cl_2(s) + 2e \rightarrow 2Hg(l) + 2Cl^{-}(aq)$

৪. **একই ধাতুর দুটি ভিন্ন আয়নের জারণ-বিজারণ অর্ধকোষ :** একই ধাতুর দুটি ভিন্ন জারণ অবস্থায় আয়নের দ্রবণের মধ্যে একটি নিষ্ক্রিয় ধাতু যেমন Pt বা Au এর পাত ডুবিয়ে এ অর্ধকোষ গঠন করা হয়ে থাকে। যেমন, $Pt, Fe^{2+}(aq)/Fe^{3+}(aq)$. এ জাতীয় একটি অর্ধকোষ।

জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $Fe^{2+}(aq) \rightarrow Fe^{3+}(aq) + e$; বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $Fe^{2+}(aq) + e \rightarrow Fe^{2+}(aq)$

৫. **গ্যাস অর্ধকোষ :** একটি নিষ্ক্রিয় ধাতু (Pt, Au) এর পাতকে গ্যাসীয় মৌলের আয়নের দ্রবণে নিমজ্জিত করে স্থির তাপমাত্রা 25°C ও স্থির চাপ 1 atm চাপে ঐ গ্যাসকে দ্রবণের মধ্যে বুদবুদ আকারে চালনা করে এ জাতীয় অর্ধকোষ তৈরি করা হয়ে থাকে। যেমন, $Pt, H_2(g)\ (1\ atm)/H^{+}(aq)(1\ M)$ একটি গ্যাস অর্ধকোষ।

জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $\frac{1}{2}H_2(g) \rightarrow H^{+}(aq) + e$; বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $H^{+}(aq) + e \rightarrow \frac{1}{2}H_2(g)$

৪.১০ তড়িৎদ্বার বিভব ও ধাতুর সক্রিয়তার সিরিজ

(Electrode Potential and Reactivity Series of Metals)

কোনো একটি ধাতব পাতকে একই ধাতব আয়নের তড়িৎ বিশ্লেষ্যে আংশিকভাবে ডুবালে ধাতুর দ্রবণ চাপ এবং দ্রবণের অসমোটিক চাপের সৃষ্টি হয়। চাপ দুটি বিপরীত হওয়ায় কোনো এক পর্যায়ে এ দুটি চাপ সাম্যাবস্থা সৃষ্টি করে। সাম্যাবস্থায় ধাতুর সৃষ্ট দ্রবণ চাপ ও দ্রবণের ধাতব আয়নের অসমোটিক চাপের পার্থক্যই সংশ্লিষ্ট ধাতুর তড়িৎদ্বার বিভব।

∴ ধাতুর তড়িৎদ্বার বিভব = (ধাতুর দ্রবণ চাপ – দ্রবণের অসমোটিক চাপ)

এ বিভবের মান যতো বেশি ধনাত্মক হয় ধাতুর ধাতব আয়ন হিসেবে দ্রবণে দ্রবীভূত হওয়ার প্রবণতা ততো বেড়ে যায়। এক্ষেত্রে ধাতু কর্তৃক ইলেকট্রনের দান ঘটে, তাই এ ধাতুটির জারণ ঘটবে। স্বাভাবিকভাবে দ্রবণের অপর একটি ধাতব আয়নের বিজারণ ঘটবে। যে ধাতব আয়নটির বিজারণ ঘটবে তার ক্ষেত্রে ধাতুটির দ্রবণ চাপ কম এবং অসমোটিক চাপ বেশি। এক্ষেত্রে অবশ্যই প্রথম ধাতুটির তড়িৎদ্বার বিভবের মান দ্বিতীয় ধাতুর তড়িৎদ্বার বিভবের মান অপেক্ষা বড়। যে কারণে প্রথম ধাতুটি দ্বিতীয় ধাতব আয়নকে দ্রবণ হতে তথা তার যৌগ হতে প্রতিস্থাপিত করেছে। ফলে সক্রিয়তার সিরিজে প্রথম ধাতুটি দ্বিতীয় ধাতুর উপরে অবস্থান করবে।

একটি বাস্তব উদাহরণ দেওয়া যাক। জিঙ্ক (Zn) ধাতুর জারণ তড়িৎদ্বার বিভবের মান + 0.763 V। (যদিও গাণিতিক সমস্যার ক্ষেত্রে এ মান + 0.76 V ধরা হয়) অন্যদিকে লোহা (Fe) ধাতুর ক্ষেত্রে এ মান + 0.44 V। জিঙ্কের জারণ তড়িৎদ্বার বিভবের মান লোহা অপেক্ষা বেশি হওয়ায় জিঙ্ক ধাতু, লোহাকে তার যৌগ হতে প্রতিস্থাপিত করবে।

$Zn(s) + FeSO_4(aq) \rightarrow ZnSO_4(aq) + Fe(s)$.
তাহলে নিশ্চয়ই জিঙ্ক, লোহা অপেক্ষা অধিক সক্রিয়।

সক্রিয়তা সিরিজে Zn এর অবস্থান Fe এর উপরে থাকবে।

Cu ধাতুর জারণ তড়িৎদ্বার বিভবের মান – 0.337 V (যদিও গাণিতিক সমস্যার ক্ষেত্রে এ মান – 0.34 V ধরা হয়।) যে মান Fe ধাতু অপেক্ষা অনেক কম।

Fe ধাতু Cu ধাতুকে তার যৌগ হতে প্রতিস্থাপিত করবে।

$Fe\ (s) + CuSO_4\ (aq) \longrightarrow FeSO_4\ (aq) + Cu\ (s)$

Fe, Cu অপেক্ষা অধিক সক্রিয়। সক্রিয়তার সিরিজে Fe এর অবস্থান Cu এর উপরে।

একইভাবে Ag ধাতুর জারণ তড়িৎদ্বার বিভবের মান – 0.799 V, যে মান Cu ধাতু অপেক্ষা অনেক কম। Cu ধাতু Ag ধাতুকে তার যৌগ হতে প্রতিস্থাপিত করবে।

$Cu(s) + 2AgNO_3(aq) \rightarrow Cu(NO_3)_2(aq) + 2Ag(s)$

Cu, Ag অপেক্ষা অধিক সক্রিয়। সক্রিয়তার সিরিজে Cu ধাতুর অবস্থান Ag ধাতুর উপরে।

কিছু ধাতুর তড়িৎদ্বার বিভব ও এ বিভবের মানের আলোকে ধাতুর সক্রিয়তার সিরিজ দেখানো হলো :

ধাতু ও প্রতীক	বিজারণ তড়িৎদ্বার	বিজারণ তড়িৎদ্বার বিভব (V)	সক্রিয়তা ক্রম (উচ্চ হতে নিম্ন)
লিথিয়াম, Li	Li^+ / Li	– 3.045	Li
পটাসিয়াম, K	K^+ / K	– 2.925	K
ক্যালসিয়াম, Ca	Ca^{2+} / Ca	– 2.87	Ca
সোডিয়াম, Na	Na^+ / Na	– 2.714	Na
ম্যাগনেসিয়াম, Mg	Mg^{2+} / Mg	– 2.36	Mg
অ্যালুমিনিয়াম, Al	Al^{3+} / Al	– 1.66	Al
জিংক, Zn	Zn^{2+} / Zn	– 0.763	Zn
লোহা, Fe	Fe^{2+} / Fe	– 0.44	Fe
ক্যাডমিয়াম, Cd	Cd^{2+} / Cd	– 0.40	Cd
কোবাল্ট, Co	Co^{2+} / Co	– 0.28	Co
নিকেল, Ni	Ni^{2+} / Ni	– 0.25	Ni
টিন, Sn	Sn^{2+} / Sn	– 0.136	Sn
লেড, Pb	Pb^{2+} / Pb	– 0.126	Pb
হাইড্রোজেন, H	$H^+/\frac{1}{2} H_2$, Pt	0.0000	H
কপার, Cu	Cu^{2+} / Cu	+ 0.337	Cu
মারকারি, Hg	Hg^{2+} / Hg, Pt	+ 0.79	Hg
সিলভার, Ag	Ag^+ / Ag	+ 0.799	Ag
গোল্ড, Au	Au^{3+} / Au	+ 1.50	Au

প্রকৃত পক্ষে কোনো তড়িৎদ্বারের ইলেকট্রন ত্যাগ বা গ্রহণ করার প্রবণতাকে তড়িৎদ্বার বিভব বলে। কোনো তড়িৎদ্বারের ইলেকট্রন ত্যাগ করার প্রবণতা বা জারিত হওয়ার ক্ষমতাকে জারণ বিভব বলে। আর কোনো তড়িৎদ্বারের ইলেকট্রন গ্রহণ করার ক্ষমতা বা বিজারিত হওয়ার ক্ষমতাকে বিজারণ বিভব বলে।

বর্তমানে প্রচলিত রীতি অনুযায়ী অর্ধকোষ বিক্রিয়াগুলো (Half cell reactions) বিজারণ বিক্রিয়া হিসেবে লেখা হয় এবং তাদের এ বিভবকে বিজারণ বিভব হিসেবে লেখা হয়।

25 °C তাপমাত্রায় বিশেষ কয়েকটি একক তড়িদ্দ্বারের বিজারণ ক্রিয়া, বিজারণ তড়িদ্দ্বার ও প্রমাণ বিজারণ বিভবের মান নিচে দেওয়া হলো :

বিজারণ তড়িদ্দ্বারের বিক্রিয়া	বিজারণ তড়িদ্দ্বার	প্রমাণ বিজারণ বিভব
১. $Fe^{3+} + e \rightarrow Fe^{2+}$	Fe^{3+}/Fe^{2+}, Pt	+ 0.77 V
২. $Cr^{3+} + e \rightarrow Cr^{2+}$	Cr^{3+}/Cr^{2+}, Pt	− 0.41 V
৩. $Mn^{3+} + e \rightarrow Mn^{2+}$	Mn^{3+}/Mn^{2+}, Pt	+ 1.57 V
৪. $Co^{3+} + e \rightarrow Co^{2+}$	Co^{3+}/Co^{2+}, Pt	+ 1.97 V
৫. $\frac{1}{2}I_2 + e \rightarrow I^-$	$\frac{1}{2}I_2/I^-$, Pt	+ 0.54 V
৬. $Sn^{4+} + 2e \rightarrow Sn^{2+}$	Sn^{4+}/Sn^{2+}, Pt	+ 0.15 V
৭. $Br_2 + 2e \rightarrow 2Br^-$	Br_2/Br^-, Pt	+ 1.06 V
৮. $Cl_2 + 2e \rightarrow 2Cl^-$	Cl_2/Cl^-, Pt	+ 1.36 V
৯. $Cu^{2+} + e \rightarrow Cu^+$	Cu^{2+}/Cu^+, Pt	+ 0.153 V
১০. $Cu^+ + e \rightarrow Cu$	Cu^+/Cu	+ 0.521 V
১১. $2H_2O + 2e \rightarrow H_2 + 2OH^-$	H_2O/H_2, OH^-	− 0.83 V
১২. $I_3^- + 2e \rightarrow 3I^-$	I_3^-/I^-, Pt	+ 0.54 V

অবশ্যই মনে রাখবে : কোনো তড়িৎদ্বারে জারণ ক্রিয়া সংঘটিত হওয়ার ফলে যে তড়িৎ বিভবের সৃষ্টি হয়, তাকে ওই তড়িৎদ্বারের জারণ তড়িৎদ্বার বিভব বলে। এক্ষেত্রে $M \rightarrow M^{n+} + ne$

কোনো তড়িৎদ্বারে বিজারণ ক্রিয়া সংঘটিত হওয়ার ফলে যে তড়িৎ বিভবের সৃষ্টি হয়, তাকে ঐ তড়িৎদ্বারের বিজারণ তড়িৎদ্বার বিভব বলে। $M^{n+} + ne \rightarrow M$। যে কোনো নির্দিষ্ট তড়িৎদ্বারের জারণ বিভবের মানের সাথে ঐ তড়িৎদ্বারের বিজারণ বিভবের মান সমান কিন্তু বিপরীত চিহ্ন যুক্ত। অর্থাৎ জারণ তড়িৎদ্বার বিভব = − বিজারণ তড়িৎদ্বার বিভব বা বিজারণ তড়িৎদ্বার বিভব = − জারণ তড়িৎদ্বার বিভব। $E_{Ox} = -E_{Red}$ **অথবা,** $E_{Red} = -E_{Ox}$।

আরও মনে রাখবে : কোনো বিজারক পদার্থের বিজারণ বিভব যত বেশি হবে, তার বিজারণ ক্ষমতা তত কম হবে। উদাহরণস্বরূপ, Li মৌলটির বিজারণ বিভবের মান সবচেয়ে কম বলে, Li এর বিজারণ ক্ষমতা সবচেয়ে বেশি। বিপরীতভাবে F মৌলটির বিজারণ বিভবের মান সবচেয়ে বেশি বলে, F এর বিজারণ ক্ষমতা সবচেয়ে কম। অর্থাৎ F সবচেয়ে দুর্বল বিজারক। এ কারণে উচ্চ বিজারণ বিভব সম্পন্ন কোনো জারক, নিম্ন বিজারণ বিভব সম্পন্ন কোনো বিজারক উপাদানকে জারিত করে থাকে।

চিন্তা করে উত্তর দাও – ৪.৮ :

১. Al ও Zn ধাতু দুটির জারণ তড়িৎদ্বার বিভব যথাক্রমে + 1.66 V ও + 0.763 V । কোন ধাতুটি সক্রিয়তার সিরিজে উপরে অবস্থান করবে?

২. Ca, Cu, Cd, Ag ও Zn ধাতুর জারণ তড়িৎদ্বার বিভবের মান যথাক্রমে + 2.87 V, − 0.337 V, + 0.40 V, − 0.799 V ও + 0.763 V এ ধাতু পাঁচটির জন্য একটি সক্রিয়তার সিরিজ তৈরি কর।

৩. Hg ধাতুর বিজারণ তড়িৎদ্বার বিভব + 0.79 V এবং Ag ধাতুর জারণ তড়িৎদ্বার বিভব − 0.799 V। $AgNO_3$ দ্রবণে Hg যোগ করলে ফলাফল কী দাঁড়াবে?

৪. Co ধাতুর জারণ তড়িৎদ্বার বিভব + 0.28 V এবং Cu ধাতুর বিজারণ তড়িৎদ্বার বিভব + 0.337 V। শুভ্র $Co(NO_3)_2$ দ্রবণে Cu ধাতুর চূর্ণ এবং বাঁধন $Cu(NO_3)_2$ দ্রবণে Co ধাতুর চূর্ণ যোগ করেছিল। কোন ক্ষেত্রে বিক্রিয়া সংঘটিত হবে এবং কেন?

৫. প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের বিভবের মান শূন্য কারণ কী?

৬. আয়রন $CuSO_4$ দ্রবণ থেকে Cu কে প্রতিস্থাপিত করতে পারে কিন্তু Ag পারে না কেন?

৪.১১ Red-Ox বিক্রিয়া, কোষ বিভব ও প্রমাণ কোষ বিভব

(Red-Ox Reaction, Cell Potential, Standard Cell Potential)

৪.১১.১ Red-Ox বিক্রিয়া (Red-Ox Reaction)

তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহীতে তড়িৎ বিশ্লেষণ করলে তাদের ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়ন দ্বারা তড়িৎ পরিবাহিত হয়। তড়িৎ রাসায়নিক কোষে রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত হয়। এ রাসায়নিক বিক্রিয়া প্রকৃতপক্ষে জারণ-বিজারণ ক্রিয়া। তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্যে তড়িৎ প্রবাহের সময় অ্যানোড তড়িৎদ্বারে অ্যানায়ন এক বা একাধিক ইলেকট্রন ত্যাগ করে। অর্থাৎ এক্ষেত্রে জারণ ক্রিয়া বা Oxidation সম্পন্ন হয়। বিপরীতভাবে ক্যাথোড তড়িৎদ্বার হতে ক্যাটায়ন এক বা একাধিক ইলেকট্রন গ্রহণ করে, অর্থাৎ এক্ষেত্রে বিজারণ ক্রিয়া বা Reduction ঘটে। তাই অ্যানোড তড়িৎদ্বারকে জারণ তড়িৎদ্বার এবং ক্যাথোড তড়িৎদ্বারকে বিজারণ তড়িৎদ্বার বলে। যেমন, $Zn + Cu^{2+} \longrightarrow Zn^{2+} + Cu$

এক্ষেত্রে Zn ধাতু দুটি ইলেকট্রনকে দান করে Zn^{2+} আয়নে পরিণত হয়ে দ্রবণে আসে এবং দ্রবণের Cu^{2+} আয়ন দুটি ইলেকট্রনকে গ্রহণ করে Cu ধাতুতে পরিণত হয়।

$Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2e$ (জারণ বা Oxidation)

$Cu^{2+} + 2e \longrightarrow Cu$ (বিজারণ বা Reduction)

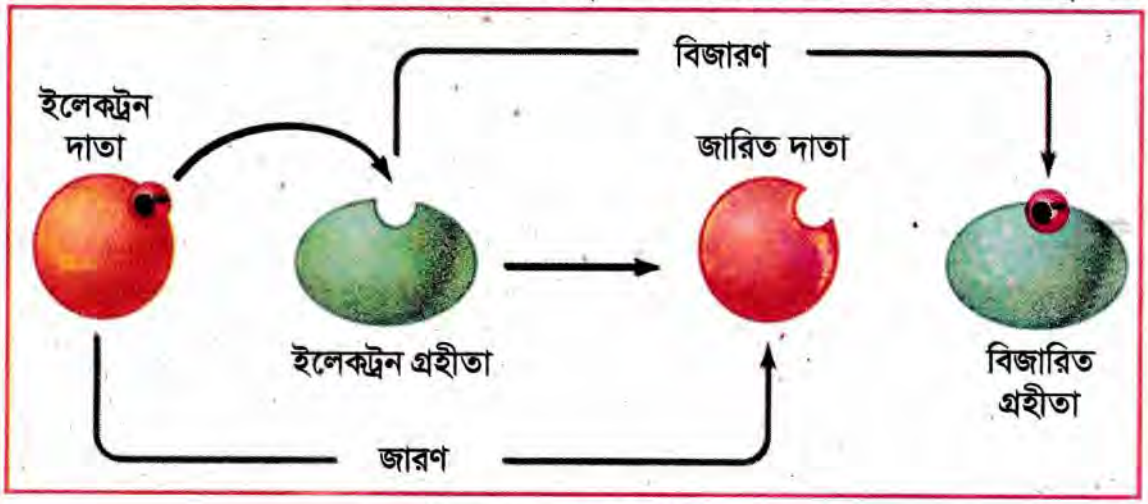
$Zn + Cu^{2+} \longrightarrow Zn^{2+} + Cu$ (জারণ-বিজারণ বা Red–Ox বিক্রিয়া)

একইভাবে, (i) $Fe + Cu^{2+} \longrightarrow Fe^{2+} + Cu$; (ii) $Ni + 2Ag^{+} \longrightarrow Ni^{2+} + 2Ag$

(iii) $Fe^{2+} + \frac{1}{2}Cl_2 \longrightarrow Fe^{3+} + Cl^{-}$; (iv) $\frac{1}{2}H_2 + \frac{1}{2}Cl_2 \longrightarrow HCl\ (aq)$

এ বিক্রিয়াগুলোর সবকটি বিক্রিয়াই Red–Ox বিক্রিয়ার উদাহরণ।

এ Red–Ox বিক্রিয়ার মাধ্যমেই পরিবাহিতে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয়। মুখ্যত এ বিক্রিয়াই তড়িতের মূল উৎস।



চিত্র ৪.১১ : রেডক্স বিক্রিয়া

তড়িৎদ্বার ও তড়িৎ কোষ লেখার সাংকেতিক চিহ্ন ও রীতি : দুটি তড়িৎদ্বারের সমন্বয়ে একটি গ্যালভানিক কোষ গঠিত হয়। উপযুক্ত তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের দ্রবণসহ প্রত্যেকটি তড়িৎদ্বারকে বলা হয় অর্ধকোষ। স্বীকৃত আন্তর্জাতিক প্রথা অনুযায়ী গ্যালভানিক কোষের সাংকেতিক প্রকাশের ক্ষেত্রে নির্দিষ্ট কিছু রীতি অনুসরণ করা হয়ে থাকে। যেমন–

১. বাম দিকে জারণ অর্ধকোষ (অ্যানোড) এবং ডান দিকে বিজারণ অর্ধকোষ (ক্যাথোড) লেখা হয়।

২. জারণ অর্ধকোষ প্রকাশের ক্ষেত্রে প্রথমে ধাতুর প্রতীক, তারপর যে তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের দ্রবণে ধাতুটি নিমজ্জিত করা হয়, তার সংকেত লেখা হয়। কঠিন ধাতু ও তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের দ্রবণের মধ্যে দশার পার্থক্য নির্দেশের জন্য একটি উল্লম্ব রেখা / ব্যবহার করা হয়। অনেক সময় তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের পূর্ণ সংকেত না লিখে যে আয়নটি তড়িৎদ্বার বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে সেটির সংকেত লেখা হয়।

অতিরিক্ত কোনো তথ্য, যেমন তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ বা আয়নের ঘনমাত্রা নির্দেশের ক্ষেত্রে সংশ্লিষ্ট পদার্থের সংকেতের ঠিক পরেই প্রথম বন্ধনীর মধ্যে তা উল্লেখ করা হয়। যেমন–

(a) $Zn/ZnSO_4$ (1.0 M) বা, Zn/Zn^{+2} (1.0 M); (b) $Fe/FeSO_4$ (0.3 M) বা, Fe/Fe^{+2} (0.3 M)

৩. বিজারণ অর্ধকোষ প্রকাশের ক্ষেত্রে প্রথমে তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ, তারপর ধাতুর চিহ্ন লেখা হয় এবং এ দুয়ের মাঝে একটি উল্লম্ব রেখা / ব্যবহার করা হয়। যেমন–

(a) $CuSO_4$ (0.2 M)/Cu(s) বা, Cu^{+2} (0.2 M)/Cu(s). (b) $AgNO_3$ (0.3 M)/Ag(s) বা, Ag^+ (0.3 M)/Ag(s).

৪. দুটি অর্ধকোষের তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণ দু'টির মধ্যে সংযোগ স্থাপনের জন্য লবণ সেতু ব্যবহার করা হলে, তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ দুটির মাঝে একজোড়া উল্লম্ব রেখা ‖ অঙ্কন করা হয়। যেমন–

(a) $Zn(s)/Zn^{+2}$ (1.0 M) ‖ Cu^{+2} (0.2 M) | Cu(s). (b) $Cu(s)/Cu^{+2}$ (0.2 M) ‖ Ag^+ (0.3 M) | Ag(s).

৫. জারণ তড়িৎদ্বারের জারিত হওয়ার পূর্বের অবস্থান যদি গ্যাস, তরল বা আয়ন হয় অথবা বিজারণ তড়িৎদ্বারের বিজারিত হওয়ায় পরের অবস্থা যদি গ্যাস, তরল বা আয়ন হয় তবে সেক্ষেত্রে জারণ তড়িৎদ্বারে পূর্বে এবং বিজারণ তড়িৎদ্বারের পরে Pt ধাতুকে ব্যবহার করা হয়। যেমন, জারণ তড়িৎদ্বার হিসেবে–

(a) Pt, $\frac{1}{2}H_2(g)$ (1 atm)/H^+ (1 M); (b) Pt, $Hg_{(l)}/Hg^{+1}$ (0.1 M);

(c) Pt, Fe^{+2} / Fe^{+3}; (d) Pt, $Cl^-/\frac{1}{2}Cl(g)$.

বিজারণ তড়িৎদ্বার হিসেবে–

(a) H^+ (1.0 M)/$\frac{1}{2}H_2(g)$, Pt; (b) Hg^+ (0.1 M)/$Hg_{(l)}$, Pt;

(c) Fe^{+3}/Fe^{+2}, Pt; (d) $\frac{1}{2}Cl_2(g)/Cl^-$, Pt.

তড়িৎ রাসায়নিক কোষের অ্যানোডে জারণ ঘটে আর ক্যাথোডে বিজারণ ঘটে। অ্যানোডকে ঋণাত্মক চিহ্ন (– ve) আর ক্যাথোডকে ধনাত্মক চিহ্ন (+ve) দ্বারা প্রকাশ করা হয়। বহিঃবর্তনীতে অ্যানোড থেকে ক্যাথোডের দিকে ইলেকট্রনের প্রবাহ ঘটে আর ক্যাথোড থেকে অ্যানোডে তড়িৎপ্রবাহ ঘটে।

নিজে কর – ৪.৯ : নিম্নের রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলো যে তড়িৎ রাসায়নিক কোষে সংগঠিত হয় তা উল্লেখ কর–

(i) $Zn(s) + CuSO_4(aq) \longrightarrow ZnSO_4(aq) + Cu(s)$. (ii) $Sn(s) + 2Ag^+(aq) \longrightarrow Sn^{+2}(aq) + 2Ag(s)$.

(iii) $Fe^{+2}(aq) + \frac{1}{2}Cl_2(g) \longrightarrow Fe^{+3}(aq) + Cl^-(aq)$. (iv) $H_2SO_4(aq) + Zn(s) \longrightarrow ZnSO_4(aq) + H_2(g)$

(v) $Fe^{+3}(aq) + Sn^{+2}(aq) \longrightarrow Fe^{+2}(aq) + Sn^{+4}(aq)$. (vi) $\frac{1}{2}Cl_2(g) + \frac{1}{2}H_2(g) \longrightarrow Cl^-(aq) + H^+(aq)$

৪.১১.২ | প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভব (Standard Electrode Potential)

25 °C তাপমাত্রায় 1 atm চাপ 1.0m ঘনমাত্রার তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণে কোনো তড়িৎদ্বারকে ডুবালে ঐ তড়িৎদ্বারে যে বিভব বৈষম্যের সৃষ্টি হয় তাকে প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভব বলে। একে সাধারণভাবে E° দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এ মান হতে মৌলের তুলনামূলক সক্রিয়তা সম্পর্কে ধারণা লাভ করা যায়। উপরন্তু মৌলের জারিত ও বিজারিত হওয়ার প্রবণতা সম্পর্কেও ধারণা লাভ করা যায়।

উদাহরণস্বরূপ : Ag ধাতুর প্রমাণ তড়িদ্দ্বার বিভবের মান + 0.80 V। এর অর্থ হলো 25°C তাপমাত্রায় Ag ধাতু দ্বারা নির্মিত একটি তড়িদ্দ্বারকে 1 M ঘনমাত্রার $AgNO_3$ দ্রবণে নিমজ্জিত করলে তড়িদ্দ্বার ও তড়িৎবিশ্লেষ্যের সংযোগ স্থলে 0.80 V মানের বিজারণ বিভবের সৃষ্টি হয়।

Zn ধাতুর প্রমাণ তড়িদ্দ্বার বিভবের মান – 0.76 V, এর অর্থ হলো 25 °C তাপমাত্রায় Zn ধাতুর তড়িদ্দ্বারকে Zn^{2+} লবণের 1M ঘনমাত্রার দ্রবণে নিমজ্জিত করলে Zn তড়িদ্দ্বার ও Zn^{2+} লবণের দ্রবণের সংযোগস্থলে যে বিজারণ বিভবের সৃষ্টি হয় তার মান – 0.76 V।

Cu ধাতুর প্রমাণ তড়িদ্দ্বার বিভবের মান + 0.33 V, এর অর্থ হলো 25 °C তাপমাত্রায় Cu ধাতুর তড়িদ্দ্বারকে Cu^{2+} লবণের 1M ঘনমাত্রার দ্রবণে ডোবালে Cu তড়িদ্দ্বার ও Cu^{2+} লবণের জলীয় দ্রবণের সংযোগস্থলে যে বিজারণ বিভবের সৃষ্টি হয় তার মান + 0.3 V।

একটি অর্ধকোষ বেশকিছু গুরুত্বপূর্ণ শর্ত মেনে চললে সেই অর্ধকোষের তড়িদ্দ্বার বিভবকে প্রমাণ তড়িদ্দ্বার বিভব হিসেবে বিবেচনা করা হয়।

(i) তড়িদ্দ্বার ও তড়িৎ বিশ্লেষ্যের তাপমাত্রা 25 °C বা 298 K স্থির তাপমাত্রা হতে হবে।

(ii) অর্ধকোষের ক্ষেত্রে একটি ধাতব তড়িদ্দ্বারকে একই ধাতুর দ্রবণীয় লবণের তড়িৎবিশ্লেষ্য দ্রবণের মধ্যে আংশিকভাবে ডোবানো থাকতে হবে।

(iii) তড়িৎবিশ্লেষ্য দ্রবণের ঘনমাত্রা অবশ্যই 1M হতে হবে।

(iv) গ্যাসীয় তড়িদ্দ্বারের ক্ষেত্রে ব্যবহৃত গ্যাসের চাপ 1 atm হতে হবে।

(v) IUPAC রীতি অনুসারে যে কোনো তড়িদ্দ্বারের প্রমাণ বিজারণ বিভবকে ঐ তড়িদ্দ্বারের প্রমাণ তড়িদ্দ্বার বিভব (E°) হিসেবে বিবেচনা করা হয়।

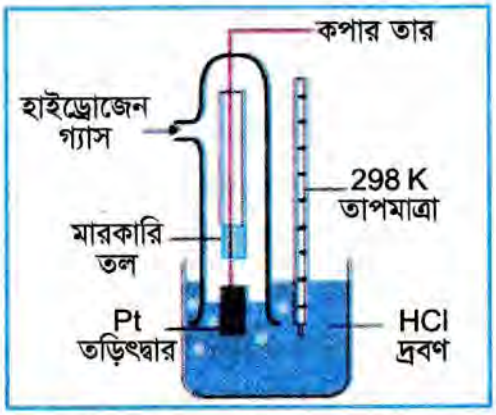
মনে রাখবে : বেশ কিছু নিয়ামক তড়িদ্দ্বার বিভবের মানকে নিয়ন্ত্রণ করে থাকে।
(i) তাপমাত্রা, (ii) ধাতু বা অধাতব তড়িদ্দ্বার ও দ্রবণে ঐ ধাতু বা অধাতব আয়নের প্রকৃতির উপর, (iii) দ্রবণে ঐ ধাতব আয়ন বা অধাতব আয়নের ঘনমাত্রার উপর।

যখন কোনো ধাতব দণ্ডকে ঐ ধাতুর লবণের দ্রবণে ডোবানো হয় তখন ধাতব দণ্ডটি দ্রবণের সাপেক্ষে হয় ধনাত্মক না হয় ঋণাত্মক আধান প্রাপ্ত হয়। ফলে স্বাভাবিকভাবে ধাতব দণ্ড এবং দ্রবণের মধ্যে একটি বিভব বৈষম্যের সৃষ্টি হয়। এ বিভব বৈষম্য ঐ ধাতব দণ্ডের তড়িদ্দ্বার বিভবের উৎস।

প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভব নির্ণয় (Determination of Standard Electrode Potential) : প্রতিটি অর্ধকোষের প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভবের মান নির্ণয়ের জন্য অবশ্যই একটি প্রমাণ রেফারেন্স তড়িৎদ্বার ব্যবহার করার প্রয়োজন হয়। কোনো একক তড়িৎদ্বারের বিভবের মান পৃথকভাবে নির্ণয় করা যায় না। কারণ একটি তড়িৎদ্বার অন্য একটি তড়িৎদ্বারের সাথে যুক্ত না হলে পূর্ণ কোষ সৃষ্টি হয়না এবং ইলেকট্রন তথা তড়িৎ প্রবাহিত হয় না। সাধারণভাবে পরীক্ষাধীন মৌলের প্রমাণ তড়িৎদ্বারকে একটি প্রমাণ রেফারেন্স তড়িৎদ্বারের সাথে যুক্ত করে পূর্ণাঙ্গ তড়িৎ রাসায়নিক কোষ তৈরি করে এ কোষের যে বিভব পার্থক্য উচ্চ রোধ সম্পন্ন ভোল্টমিটারে রেকর্ড করা হয় তা হবে মৌলটির প্রমাণ বিজারণ তড়িৎদ্বার বিভব। এক্ষেত্রে রেফারেন্স তড়িৎদ্বার হিসেবে প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারকে ব্যবহার করা হয়। প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের সাথে তড়িৎদ্বারকে সংযুক্ত করে মৌলের বিজারণ বিভব নির্ণয় করা হয়। প্রাপ্ত এ মান নির্দেশ করে কোনো অর্ধকোষে জারণ আর কোনো অর্ধকোষ বিজারণ ঘটবে।

প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার (Standard Hydrogen Electrode) : প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারকে প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড নির্দেশক তড়িৎ দ্বার বলা হয়। প্রকৃত যেকোনো অজানা তড়িৎদ্বারের মান গণনায় সুবিধার্থে হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের বিভবের মানকে সর্বসম্মতিক্রমে শূন্য ধরা হয়েছে।

প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারে 25 °C তাপমাত্রায় 1.0M HCl দ্রবণে 1.0 atm চাপে বিশুদ্ধ H_2 গ্যাস অনবরত চালনা করা হয়। তড়িৎ প্রবাহ সংযোগের জন্য নিষ্ক্রিয় ধাতু Pt এর পাতকে এসিড দ্রবণে ডুবিয়ে রাখা হয়। Pt পাতটি প্রকৃতপক্ষে প্রাটিনাম চূর্ণ দ্বারা আস্তরণ করা হয়। এরূপ Pt চূর্ণ যুক্ত পাত্রের গায়ে যথেষ্ট পরিমাণ H_2 গ্যাস অধিশোষিত হয়। এ H_2 অণু H^+ আয়নে পরিণত হয়ে দ্রবণে যেতে পারে। আবার দ্রবণের H^+ আয়ন ইলেকট্রন গ্রহণ করে Pt তড়িৎদ্বারের উপর জমা হতে পারে। প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারকে এভাবে প্রকাশ করা যায়।



চিত্র ৪.১২ : প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার

অ্যানোড তড়িৎদ্বার Pt, $\frac{1}{2}$ $H_2(g)$ (1 atm) / H^+ (1.0 M) ক্যাথোড তড়িৎদ্বার : H^+ (1.0 M)/$\frac{1}{2}$ $H_2(g)$ (1.0 atm), Pt.

তড়িৎদ্বারের সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়া $\frac{1}{2}H_2 \rightleftharpoons H^+ + e$.

মনে রাখা প্রয়োজন : প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের বিভবের মান শূন্য হলেও এ তড়িৎদ্বারের ইলেকট্রন ত্যাগ বা গ্রহণের প্রবণতা নেই তা কিন্তু নয়। এক্ষেত্রে হাইড্রোজেনের ইলেকট্রন দান করার প্রবণতাও H^+ আয়নের ইলেকট্রন গ্রহণ করার প্রবণতা উভয় বর্তমান থাকে। শুধুমাত্র গণনার সুবিধার্থে প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার বিভবের মানকে শূন্য ধরে নেওয়া হয়েছে। যদি H_2 গ্যাসের চাপ 1 atm না হয়ে কম বা বেশি হয় এবং HCl দ্রবণের ঘনমাত্রা 1 M না হয়ে কম বা বেশি হয় তবে তড়িদ্দ্বারটিকে প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িদ্দ্বার না বলে শুধু হাইড্রোজেন তড়িদ্দ্বার বলা হয়।

৪.১১.৩ | তড়িদ্দ্বার ও তড়িদ্দ্বার বিভব (Electrode and Electrode Potential)

তড়িৎ রাসায়নিক কোষ তৈরির উদ্দেশ্যে দুটি ধাতব পাতকে উপযুক্ত তড়িৎবিশ্লেষ্য দ্রবণে আংশিক নিমজ্জিত করা হয়। এ ধাতব পাত দুটিকে তড়িদ্দ্বার বলা হয়। তড়িদ্দ্বার দুই প্রকারের হয়, একটি ক্যাথোড তড়িদ্দ্বার এবং অপরটি অ্যানোড তড়িদ্দ্বার।

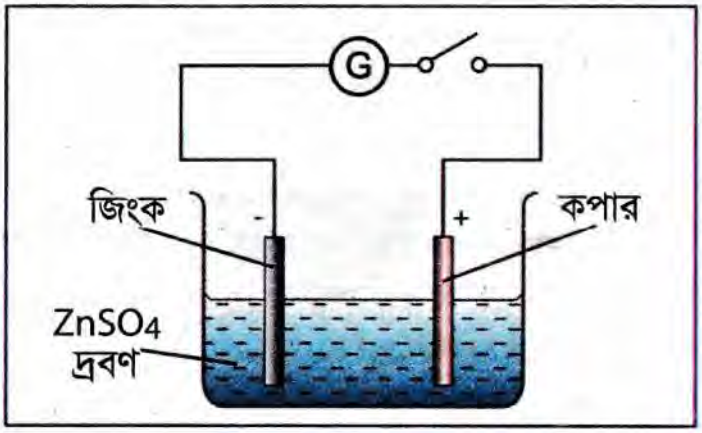
ক্যাথোড তড়িদ্দ্বার : এটি একটি বিজারণ তড়িদ্দ্বার। তড়িদ্দ্বার কোষের যে তড়িদ্দ্বারে বিজারণ ক্রিয়া সম্পন্ন হয় তাকে ক্যাথোড তড়িদ্দ্বার বলা হয়। ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারে ইলেকট্রন ব্যবহৃত হয়।

অ্যানোড তড়িদ্দ্বার : এটি একটি জারণ তড়িদ্দ্বার। তড়িৎ রাসায়নিক কোষের যে তড়িদ্দ্বারে জারণ ক্রিয়া সম্পন্ন হয়, তাকে অ্যানোড তড়িদ্দ্বার বলা হয়। অ্যানোড তড়িদ্দ্বারে ইলেকট্রন উৎপন্ন হয়।

তড়িৎ রাসায়নিক কোষে প্রতিটি তড়িদ্দ্বারকে উপযুক্ত তড়িৎবিশ্লেষ্য উপাদানের দ্রবণে আংশিকভাবে ডুবানো হয়। তড়িদ্দ্বার ও তড়িৎবিশ্লেষ্য উপাদানের দ্রবণের সমন্বয়ে গঠিত ব্যবস্থাকে অর্ধকোষ বলা হয়। প্রকৃতপক্ষে তড়িদ্দ্বার ও অর্ধকোষ শব্দ দুটি একই অর্থে ব্যবহার করা হয়।

অর্ধকোষে সংঘটিত বিক্রিয়াকে অর্ধকোষ বিক্রিয়া বলা হয়। এ বিক্রিয়া জারণ অথবা বিজারণ যে কোনোটিই হতে পারে। সাধারণ রীতি অনুসারে তড়িৎ রাসায়নিক কোষের অ্যানোড তড়িদ্দ্বারে সংঘটিত বিক্রিয়াকে জারণ অর্ধ বিক্রিয়া এবং ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারে সংঘটিত বিক্রিয়াকে বিজারণ অর্ধকোষ বিক্রিয়া বলা হয়।

দুটি অর্ধকোষের সমন্বয়ে একটি তড়িৎ রাসায়নিক কোষ গঠিত হয়। তড়িৎ রাসায়নিক কোষের দুটি অর্ধকোষের সংঘটিত বিক্রিয়াকে কোষ বিক্রিয়া বলা হয়।



চিত্র ৪.১৩ : সরল ভোল্টার কোষ

একটি কাচের পাত্রে লঘু H_2SO_4 দ্রবণ নাও। একটি জিঙ্ক ধাতুর পাত ও একটি কপার ধাতুর পাতকে পরস্পর থেকে কিছুটা দূরত্বে রেখে দ্রবণে ডুবাও। প্রয়োজনীয় সংযোগ প্রদান করে বর্তনী পূর্ণ কর। জিঙ্কের পাতটি অ্যানোড তড়িদ্দ্বার হিসেবে এবং কপার পাতটি ক্যাথোড তড়িদ্দ্বার হিসেবে কাজ করবে। অ্যানোড তড়িদ্দ্বার থেকে Zn পরমাণু দুটি ইলেকট্রন দান করে জারিত হয় এবং Zn^{2+} আয়ন হিসেবে দ্রবণে চলে আসে। এ দানকৃত ইলেকট্রন পরিবাহী তারের মাধ্যমে কোষের বাইরের পথে Cu পাতে পৌঁছে। H_2SO_4 দ্রবণের H^+ আয়ন Cu পাতে (ক্যাথোড তড়িদ্দ্বার) এসে ইলেকট্রন গ্রহণ করে বিজারিত হয় এবং H_2 গ্যাস হিসেবে নির্গত হয়।

অ্যানোড তড়িদ্দ্বারের বিক্রিয়া : $Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2e$ (জারণ)

ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারের বিক্রিয়া : $2H^+ + 2e \longrightarrow H_2$ (বিজারণ)

কোষে সংগঠিত সামগ্রিক বিক্রিয়া : $Zn + 2H^+ \longrightarrow Zn^{2+} + H_2$

সামগ্রিক কোষ বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে সবসময় অর্ধকোষ বিক্রিয়া দুটিকে উপযুক্ত ক্ষুদ্রতম সংখ্যা দিয়ে গুণ করে দানকৃত ও গ্রহনকৃত ইলেকট্রন সংখ্যা সমান করে নেওয়া হয়। অতপর জারণ ও বিজারণ প্রকাশের সমীকরণ দুটির সমষ্টি নির্ধারণ করা হয়।

তড়িদ্দ্বার বিভব : কোনো ধাতব পাত অথবা অধাতব মৌল তার নিজস্ব আয়ন যুক্ত তড়িৎবিশ্লেষ্য দ্রবণের সংস্পর্শে আসার ফলে যদি জারণ অথবা বিজারণ ক্রিয়া সংঘটিত হতে শুরু করে তবে ঐ ধাতব অথবা অধাতব পদার্থের পৃষ্ঠতলে ও দ্রবণের সংযোগস্থলে দুটি সম্পূর্ণ বিপরীত আধানবিশিষ্ট দ্বিস্তরের সৃষ্টির মাধ্যমে যে তড়িৎ বিভবের সৃষ্টি হয়, তাকে তড়িদ্দ্বার বিভব বলা হয়। তড়িদ্দ্বার বিভবের একক ভোল্ট (Volt)। তড়িদ্দ্বার বিভবের মানের সাহায্যে তড়িদ্দ্বারে সংঘটিত বিক্রিয়ার ইলেকট্রন গ্রহণ ও দান করার প্রবণতার পরিমাপ প্রকাশ করা হয়।

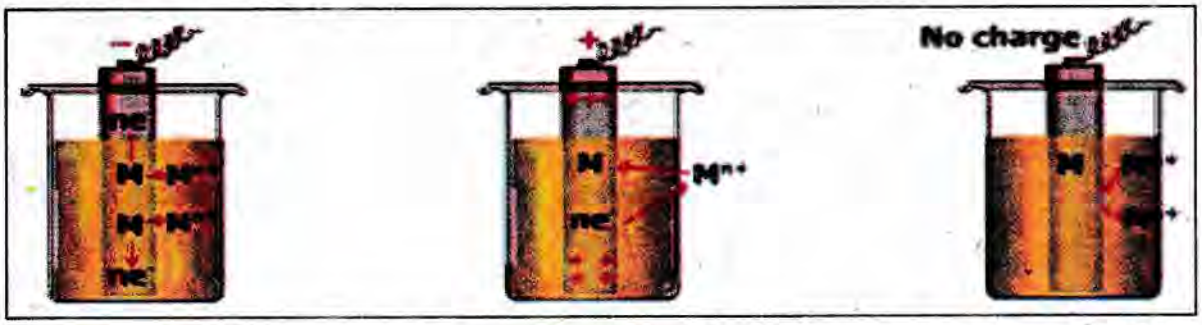
কোনো ধাতব পাতকে ঐ ধাতুর আয়নযুক্ত লবণের দ্রবণে ডুবালে, ধাতুটির পরমাণু দ্রবণের মধ্যে তার ধাতব আয়ন সৃষ্টির প্রবণতা দেখায়। অর্থাৎ $M \rightleftharpoons Mn^+ + ne$।

বিজ্ঞানী নার্নস্ট (Nernst) এর ধারণা মতে এটি দ্রবণ চাপ (Solution pressure)। বিপরীতভাবে দ্রবণের ধাতব আয়ন, M^{n+} ধাতব পাতের উপর ইলেকট্রনকে গ্রহণ করে বিজারিত হয়ে ধাতব পরমাণুতে পরিণত হতে চায়। ধাতব আয়নের এ ধরনের চাপকে দ্রবণের অভিস্রবণ চাপ (Osmotic Pressure) বলা হয়।

দ্রবণ চাপ ও অভিস্রবণ চাপ পরস্পরের বিপরীত অভিমুখে কাজ করে। এ দুই চাপের পার্থক্যই তড়িৎদ্বার বিভব। যদি ধাতুর দ্রবণ চাপ P এবং ধাতব আয়নযুক্ত দ্রবণের অভিস্রবণ চাপ P° হয়, তবে ধাতু ও ধাতব আয়নের এ দুই চাপের উপর ভিত্তি করে নিম্নের তিন প্রকারের অবস্থার সৃষ্টি হতে পারে–

প্রথম প্রকার : যদি $P > P^\circ$ হয় অর্থাৎ দ্রবণ চাপ অভিস্রবণ চাপ অপেক্ষা বড়। সেক্ষেত্রে ধাতব পাত থেকে ধাতব পরমাণু আয়ন হিসেবে দ্রবণে আসতে শুরু করবে। ফলে ধাতব পাতটি ঋণাত্মক আধান প্রাপ্ত হয়। কারণ ধাতব আয়ন উৎপন্ন হওয়ার সময় দানকৃত ইলেকট্রন ধাতব পাতের উপর সুস্থিত হওয়ায় এটি ঋণাত্মক আধান প্রাপ্ত হয়। দ্রবণের ধাতব আয়ন M^{n+} ধাতব পাতের দিকে আকৃষ্ট হয় এবং ধাতব পাত্রের চারদিকে ধনাত্মক আধানবিশিষ্ট একটি স্তরের সৃষ্টি করে। এখন ধাতব পাত থেকে কোনো অতিরিক্ত ধাতব আয়ন আর দ্রবণে আসতে পারে না। এ অবস্থায় ধাতব পাতের পৃষ্ঠতল এবং দ্রবণের সংযোগস্থলে দুই বিপরীত আধান-বিশিষ্ট দ্বিস্তরের সৃষ্টি হয়। ফলে ধাতব পাত ও দ্রবণের মধ্যে একটি তড়িৎ বিভবের সৃষ্টি হয়। একেই ঐ ধাতুটির তড়িদ্দ্বার বিভব বলা হয়।

দ্বিতীয় প্রকার : যদি $P < P^\circ$ হয় অর্থাৎ দ্রবণ চাপ অভিস্রবণ চাপ অপেক্ষা ছোট। সেক্ষেত্রে দ্রবণের ধাতব আয়ন M^{n+} দ্রবণ থেকে ধাতব পাতে আসতে শুরু করবে। দ্রবণের M^{n+} আয়ন ধাতব পাত ইলেকট্রনকে গ্রহণ করে ধাতব পরমাণুতে পরিণত হতে শুরু করবে। অর্থাৎ $M^{n+} + ne \longrightarrow M$। ধাতব পাতটি ধনাত্মক আধান প্রাপ্ত হয়। এ কারণে দ্রবণে উপস্থিত ঋণাত্মক আয়নগুলো ঐ পাতের পৃষ্ঠতলের দিকে আকৃষ্ট হতে থাকবে। এ অবস্থায় ধাতব পাতের পৃষ্ঠতল এবং দ্রবণের সংযোগস্থলে দুই বিপরীত আধানবিশিষ্ট একটি দ্বিস্তরের সৃষ্টি হয়। ফলে ধাতব পাত ও দ্রবণের মধ্যে একটি তড়িৎ বিভবের সৃষ্টি হয়। একে ঐ ধাতুটির তড়িদ্দ্বার বিভব বলা হয়।



চিত্র ৪.১৪.১ : ঋণাত্মক তড়িৎদ্বার বিভব অবস্থা

চিত্র ৪.১৪.২ : ধনাত্মক তড়িৎদ্বার বিভব অবস্থা

চিত্র ৪.১৪.৩ : অপরিবর্তিত অবস্থা

তৃতীয় প্রকার : যদি $P = P^\circ$ হয়, তবে সেক্ষেত্রে ধাতুর পাত দ্রবণের সংস্পর্শে অপরিবর্তিত থাকবে। এক্ষেত্রে কোনো ধরনের তড়িদদ্বার বিভব সৃষ্টির সম্ভাবনা আর থাকে না।

মনে রাখবে : তড়িদদ্বার বিভবের উৎপত্তি ধাতু ভিন্ন অধাতব মৌল এমনকি আয়নের ক্ষেত্রেও হতে পারে। যেমন, H_2 গ্যাস যদি H^+ আয়নযুক্ত দ্রবণের সংস্পর্শে থাকে, কিংবা Cl_2 গ্যাস যদি Cl^- আয়নযুক্ত দ্রবণের সংস্পর্শে থাকে তখনও কিন্তু তড়িদদ্বার বিভবের সৃষ্টি হয়। Fe^{2+} ও Fe^{3+} আয়নের মিশ্রণেও তড়িদদ্বার বিভবের সৃষ্টি হয়। এক্ষেত্রে নিষ্ক্রিয় ধাতু বিশেষ করে Pt পাতের প্রয়োজন হয়। প্রকৃতপক্ষে ইলেকট্রনের দান ও গ্রহনের মাধ্যমে তড়িৎ দ্বিস্তর গঠিত হলেই তড়িৎ বিভবের সৃষ্টি হয়।

৪.১১.৪ | কোষ বিভব (Cell Potential)

কোনো একটি কোষের দুটি তড়িৎদ্বারের মধ্যে বিভব পার্থক্যকে কোষ বিভব বলে। কোষের অ্যানোড তড়িৎদ্বারে জারণ বা Oxidation ক্রিয়া এবং ক্যাথোড তড়িৎদ্বারে বিজারণ বা Reduction ক্রিয়া ঘটে। এ জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার মাধ্যমে ইলেকট্রন বাহ্যিক বর্তনী দিয়ে প্রবাহিত হয়। নির্দিষ্ট পরিমাণ ইলেকট্রন স্থানান্তরের জন্য যে পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হবে তা নির্ভর করে দুটি তড়িৎদ্বারের বিভব পার্থক্যের ওপর। এ বিভব পার্থক্যকেই কোষ বিভব বলে। এর বিভবের একক ভোল্ট। যদি কোনো তড়িৎ রাসায়নিক কোষের কোষ বিভবের মান বেশি হয়, তখন দুটি তড়িৎদ্বারের মধ্যে নির্দিষ্ট সংখ্যক ইলেকট্রন প্রবাহের দ্বারা বেশি পরিমাণ বৈদ্যুতিক কাজ সম্পাদিত হয়। আর যদি কোষ বিভব এর মান কম হয়, তবে ঐ একই সংখ্যক ইলেকট্রন দ্বারা কম পরিমাণ বৈদ্যুতিক কাজ সম্পাদিত হয়ে থাকে। যদি কখনও কোষ বিভবের মান শূন্য হয় তবে বুঝবে কোষের মধ্যে কোনোরূপ জারণ-বিজারণ ক্রিয়া ঘটছে না। অর্থাৎ সার্বিক বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় উপনীত হয়েছে।

সবক্ষেত্রেই একটি কোষে দুটি অর্ধকোষ থাকে। এ অর্ধকোষ দুটিকে পরিবাহী তার দ্বারা সংযুক্ত করলে একটি অর্ধকোষের তড়িদদ্বারে জারণ এবং অপর অর্ধকোষ তড়িদদ্বারে বিজারণ ক্রিয়া ঘটে। এ জারণ-বিজারণ ক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন ইলেকট্রনের প্রবাহের ফলে পরিবাহীর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হয়। এ অবস্থায় ভোল্টমিটারের সাহায্যে অর্ধকোষ দুটির তড়িদদ্বারের মধ্যে সৃষ্ট বিভব বৈষম্য নির্ণয় করা যায়।

যদি অর্ধকোষ দুটির তড়িদদ্বারকে পরিবাহী তার দ্বারা যুক্ত না করা হয় তবে সেক্ষেত্রে তড়িদদ্বার দুটির কোনোটিতেই জারণ অথবা বিজারণ কোনো বিক্রিয়াই ঘটবে না। এ অবস্থায় তড়িদদ্বার দুটি নিষ্ক্রিয় অবস্থায় থাকে। এ জন্য কোনো তড়িৎপ্রবাহ ঘটে না। তড়িৎপ্রবাহ না ঘটায় কোনো তড়িদদ্বারের তড়িদদ্বার বিভব নির্ণয় করা যায় না। আবার অর্ধকোষ দুটিকে পরিবাহী তার দ্বারা যুক্ত করলে যে পূর্ণাঙ্গ কোষের সৃষ্টি হয় তখন অর্ধকোষের তড়িদদ্বার দুটির মধ্যে বিভব পার্থক্য নির্ণয় করা যায় কিন্তু অর্ধকোষ দুটির প্রতিটির তড়িদদ্বার বিভবের মান পৃথকভাবে পরিমাপ করা সম্ভব হয় না।

এ অসুবিধা দূর করার জন্য IUPAC একটি নীতির প্রবর্তন করে। নীতি হলো এমন একটি অর্ধকোষকে সকল অর্ধকোষের ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হয় যার সাথে অন্যান্য কোষের অর্ধকোষগুলোকে সংযুক্ত করে সম্পূর্ণ কোষ সৃষ্টির মাধ্যমে অর্ধকোষগুলোর প্রমাণ তড়িদদ্বার বিভবের মান নির্ণয় করা হয়। IUPAC রীতি অনুসারে এ অর্ধকোষটি হলো প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িদদ্বার। প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িদদ্বারের সাথে যে কোনো ভিন্ন একটি অর্ধকোষ সংযুক্ত করলে একটি সম্পূর্ণ কোষ গঠিত হয়। যখন পরিবাহী তার দ্বারা পরীক্ষাধীন অর্ধকোষ ও প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িদদ্বারের অর্ধকোষের মধ্যে তড়িৎ প্রবাহ ঘটে, এ সময় প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িদদ্বারে জারণ ঘটলে সংযুক্ত অপর অর্ধকোষটি বিজারণ ঘটে। আর যদি প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িদদ্বারে বিজারণ ঘটে তবে সংযুক্ত অর্ধকোষে জারণ ঘটবে। এ অবস্থায় ভোল্টমিটারের সাহায্যে দুটি তড়িদদ্বারের মধ্যকার বিভব পার্থক্য পরিমাপ করা হয়।

মজার বিষয় হলো IUPAC সুপারিশ অনুযায়ী প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িদদ্বারের বিভবের মানকে শূন্য ধরা হয়। অর্থাৎ প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িদদ্বারের ক্ষেত্রে, $E^\circ_{Pt^1/_2H_2/H^+} = E^\circ_{H^+/^1/_2H_2, Pt} = 0$

এজন্য ভোল্টমিটারে পূর্ণ কোষটির বিভব পার্থক্যের যে মান পাওয়া যায় সেটি হলো প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের সাথে সংযুক্ত অপর অর্ধকোষটির প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভব। এভাবে যেকোনো অর্ধকোষের তড়িৎদ্বারের প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভবের মান প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার ব্যবহার করে নির্ণয় করা হয়।

কোনো অর্ধকোষের প্রমাণ তড়িদদ্বার বিভব পরিমাপের সময় অর্ধকোষটির ধাতব তড়িদদ্বারটির ধাতু হাইড্রোজেন অপেক্ষা উচ্চ তড়িৎ ধনাত্মক হয়, তবে কোষটির জারণ বিজারণ বিক্রিয়ার সময় হাইড্রোজেন তড়িদদ্বারে বিজারণ ঘটে। সেক্ষেত্রে সংযুক্ত অর্ধকোষের তড়িদদ্বারটি অ্যানোড তড়িদদ্বার এবং প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িদদ্বারটি ক্যাথোড তড়িদদ্বার হিসেবে

আচরণ করবে। এ বিজারণ বিক্রিয়া 1(M) HCl দ্রবণের H^+ আয়ন ধাতব তড়িদ্দ্বার থেকে Pt পাতে আসা ইলেকট্রন গ্রহণ করে বিজারিত হয়ে H_2 গ্যাস হিসেবে নির্গত হয়।

প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িদ্দ্বারের বিক্রিয়া : $H^+(aq) + e \rightarrow {}^1/_2H_2(g)$।

যদি কোনো অর্ধকোষের প্রমাণ তড়িদ্দ্বার বিভব পরিমাপের সময় অর্ধকোষটির ধাতব তড়িদ্দ্বারটির ধাতু হাইড্রোজেন অপেক্ষা কম তড়িৎ ধনাত্মক হয় তবে কোষটির জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার সময় হাইড্রোজেন তড়িদ্দ্বারে জারণ ঘটে। সেক্ষেত্রে সংযুক্ত অর্ধকোষের তড়িদ্দ্বারটির ক্যাথোড তড়িদ্দ্বার এবং প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িদ্দ্বারটি অ্যানোড তড়িৎ হিসেবে আচরণ করবে। এ জারণ বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন তড়িদ্দ্বারের কাচনল দিয়ে আগত H_2 গ্যাস Pt পাতে ইলেকট্রন ত্যাগ করে জারিত হয়ে HCl দ্রবণে চলে আসে।

প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িদ্দ্বারের বিক্রিয়া : ${}^1/_2H_2(g) \rightarrow H^+(aq) + e$।

▶▶ ৪.১১.৫ | প্রমাণ কোষ বিভব (Standard Cell Potential)

৪.৭ অনুচ্ছেদে একক তড়িৎদ্বার বিভব সম্পর্কে তোমরা ধারণা লাভ করেছ। কোনো একক তড়িৎদ্বারের বিভবের মান সরাসরি পরিমাপ করা যায় না। এমনকি একক অবস্থায় কোনো তড়িৎদ্বারই তড়িৎ উৎপাদনে সক্ষম নয়। একক তড়িৎদ্বারের বিভবের সুনির্দিষ্ট মান থাকে কিন্তু তড়িচ্চালক বল থাকে না। যেকোনো তড়িৎদ্বারের বিভব প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের সাপেক্ষে পরিমাপ করা হয়। একটি অজানা একক তড়িৎদ্বারকে প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের সাথে যুক্ত করে পূর্ণ তড়িৎ রাসায়নিক কোষ গঠন করা হয়। অজানা তড়িৎদ্বারের বিভবের মান গণনার সুবিধার্থে প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের বিভবের মান শূন্য ধরা হয়।

অর্থাৎ $Pt, \frac{1}{2} H_2 / H^+$ এর ক্ষেত্রে $E^0_{Pt, \frac{1}{2} H_2 / H^+} = 0$. এভাবে সৃষ্ট কোষের তড়িচ্চালক বলের মান ঐ কোষের প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের সাথে যুক্ত একক তড়িৎদ্বারের প্রমাণ বিভবের মান নির্দেশ করে। এভাবে পৃথক পৃথকভাবে প্রতিটি একক তড়িৎদ্বারের প্রমাণ জারণ বিভব অথবা প্রমাণ বিজারণ বিভবের মান নির্ণয় করা হয়। যেকোনো দুটি একক তড়িৎদ্বারকে পরিবাহী তার ও সৃষ্ট ব্রিজের মাধ্যমে যুক্ত করলে পূর্ণাঙ্গ তড়িৎ রাসায়নিক কোষের সৃষ্টি হয়। এ তড়িৎ রাসায়নিক কোষের একক তড়িৎদ্বার দ্বারা প্রমাণ তড়িচ্চালক বলের সমষ্টিই সৃষ্ট কোষের প্রমাণ কোষ বিভব।

∴ প্রমাণ কোষ বিভব, $E^0_{\text{কোষ}} = E^0_{\text{ডান (বিজারণ)}} - E^0_{\text{বাম (বিজারণ)}}$

উদাহরণ : $Zn(s) / Zn^{2+}(aq) \parallel Cu^{2+}(aq) / Cu(s)$

এর তড়িৎ রাসায়নিক কোষের ক্ষেত্রে

প্রমাণ কোষ বিভব, $E^0_{\text{কোষ}} = (E^0_{Cu^{2+}/Cu} - E^0_{Zn^{2+}/Zn})$

কোনো একটি তড়িৎ রাসায়নিক কোষের প্রমাণ কোষ বিভবের মান থেকে ঐ কোষের কোষ বিক্রিয়ার স্বতঃস্ফূর্ততা সম্পর্কে ধারণা লাভ করা যায়।

> কোন মৌলের প্রমাণ তড়িৎদ্বারকে প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের সাথে যুক্ত করে তড়িৎ রাসায়নিক কোষ গঠন করলে যদি,
> ১. তড়িৎদ্বারটিতে জারণ বিক্রিয়া সংগঠিত হয়, তবে ঐ মৌলের প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভবের মান হবে ঋণাত্মক।
> ২. তড়িৎদ্বারটিতে বিজারণ বিক্রিয়া সংগঠিত হয়, তবে ঐ মৌলের প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভবের মান হবে ধনাত্মক।

৪.১২ তড়িৎদ্বার এবং কোষের বিভব সংক্রান্ত নার্নস্ট (Nernst) সমীকরণ

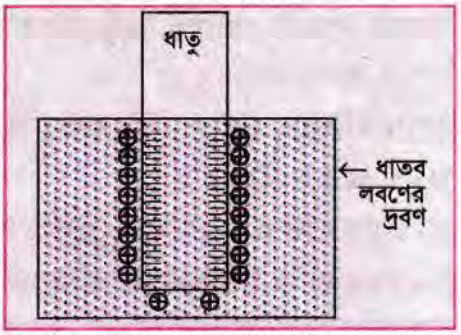
(Nernst's Equation Related Electrode & Cell Potential)

▶▶ ৪.১২.১ | তড়িৎদ্বার বিভব সংক্রান্ত নার্নস্ট তত্ত্ব (Nernst's Theory Related Electrode Potential)

প্রকৃতপক্ষে কোনো কোষের মধ্যে সংঘটিত রাসায়নিক বিক্রিয়াই তার তড়িচ্চালক বলের উৎস। বিজ্ঞানী নার্নস্ট (1889) পরীক্ষার মাধ্যমে প্রমাণ করেন কোনো ধাতব মৌল বা H_2 যদি এর স্ব স্ব আয়নের দ্রবণের সংস্পর্শে থাকে, তবে ধাতু ও H_2 এর কিছু অংশ ঐ দ্রবণে স্ব স্ব ধনাত্মক আয়ন হিসেবে চলে যাওয়ার প্রবণতা দেখায়। নার্নস্টের প্রস্তাব অনুযায়ী ধাতু বা H_2 এর এ ধর্মকে 'দ্রবণ চাপ' বলা হয়ে থাকে। দ্রবণে ধাতুর কিছু অংশ ধনাত্মক আয়ন হিসেবে চলে যাওয়ার ফলে ধাতব দণ্ডটিতে ইলেকট্রন জমা হয়। ফলে এটি ঋণাত্মক হয়। উদাহরণস্বরূপ :

$Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2e.$ $\quad Ni \longrightarrow Ni^{2+} + 2e,$ $\quad Ag \longrightarrow Ag^+ + e.$

বিপরীত আয়নগুলোর মধ্যে আকর্ষণের ফলে যে পরিমাণ ধাতু বা H_2 দ্রবণে আয়ন হিসেবে দ্রবীভূত হয় তার পরিমাণ খুবই কম। বিপরীতভাবে ধাতুকে বা H_2 কে যখন এ লবণের দ্রবণের মধ্যে ডুবানো হয় তখন এর ওপর এর আয়ন সঞ্চিত হওয়ার প্রবণতা দেখা যায়। আয়নের এ প্রবণতাকে 'অসমোটিক চাপ' বলা হয়ে থাকে। এ বিষয়টি O_2, X_2 প্রভৃতি অধাতব মৌলের ক্ষেত্রেও প্রযোজ্য। কোনো মৌলের দ্রবণ চাপ ও এর আয়নের অসমোটিক চাপ পরস্পর বিপরীতধর্মী। যেমন, জিংক পাতকে $ZnSO_4$ এর লঘু দ্রবণে ডুবালে, পাত হতে জিংক ধাতু যতই দ্রবণে Zn^{2+} আয়ন হিসেবে দ্রবীভূত হতে থাকে জিংকের পাত ততোই ঋণাত্মক হতে থাকে এবং দ্রবণের Zn^{2+} আয়নের অসমোটিক চাপ ততই বাড়তে থাকে। এর ফলে জিংকের পাতটি দ্রবণের Zn^{2+} আয়নকে বেশি সংখ্যক নিকটে আকর্ষণ করে। একসময় এমন অবস্থার সৃষ্টি হয় যখন জিংকের দ্রবণ চাপ এবং Zn^{2+} আয়নের অসমোটিক চাপ পরস্পর সমান হয়ে যায়। অর্থাৎ উভয়ের মধ্যে সাম্যাবস্থার সৃষ্টি হয়। এ অবস্থায় ধাতব পাত পৃষ্ঠতলে ঋণাত্মক চার্জ এবং দ্রবণে এর প্রায় সংস্পর্শে ধনাত্মক চার্জজনিত একটি বৈদ্যুতিক দ্বিস্তরের সৃষ্টি হয়, ফলে ধাতু ও এর দ্রবণের আন্তঃপৃষ্ঠতলে একটি নির্দিষ্ট বিভবের সৃষ্টি হয়। এ বিভবকে ঐ ধাতুটির তড়িৎদ্বার বিভব বলে। ধাতুর এ তড়িৎদ্বার বিভবের মান তার দ্রবণ চাপ ও তার আয়নের অসমোটিক চাপের পার্থক্যের সমান। এ পার্থক্য দু'ভাবে সৃষ্টি হতে পারে–



চিত্র ৪.১৫ : বৈদ্যুতিক দ্বি-স্তর

প্রথমত : ধাতুর দ্রবণ চাপ তার আয়নের অসমোটিক চাপ অপেক্ষা অপেক্ষাকৃত বেশি হলে ধাতু ধাতব আয়ন হিসেবে দ্রবণে প্রবেশ করবে। ফলে তড়িৎদ্বার ঋণাত্মক আধানযুক্ত হয়।

$M \longrightarrow M^{+n} + ne.$ (এখানে M ধাতুর প্রতীক এবং n ধাতুর যোজ্যতা।)

দ্রবণে ধাতব আয়নের সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে তার অসমোটিক চাপ বৃদ্ধি পায়। এভাবে চলতে থাকলে এক সময় এমন অবস্থার সৃষ্টি হয় যখন ধাতুর দ্রবণ চাপ তার আয়নের অসমোটিক চাপের সমান হয়। তখন ধাতু ও তার আয়নের সাম্য, $M \rightleftharpoons M^{+n} + ne.$ এ সাম্যাবস্থায় ধাতু ও দ্রবণের মধ্যে উপস্থিত ধাতব আয়নের বিভবের পার্থক্যই ধাতুর তড়িৎদ্বার বিভব।

দ্বিতীয়ত : ধাতুর দ্রবণ চাপ তার আয়নের অসমোটিক চাপ অপেক্ষা অপেক্ষাকৃত কম হলে দ্রবণের ধাতব আয়ন দ্রুত তড়িৎদ্বারে পরিব্যাপ্ত হয়ে তড়িৎদ্বারকে ধনাত্মক চার্জ যুক্ত করে।

$M^{+n} + ne \longrightarrow M.$

দ্রবণে ধাতব আয়নের সংখ্যা হ্রাস পাওয়ার সাথে সাথে দ্রবণের অসমোটিক চাপ হ্রাস পেতে থাকে। এভাবে চলতে থাকলে এক সময় এমন অবস্থার সৃষ্টি হয় যখন ধাতুর দ্রবণ চাপ ও তার আয়নের অসমোটিক চাপ সমান হয়। তখন ধাতব আয়নও ধাতুর সাম্য, $M^{+n} + ne \rightleftharpoons M.$

এ সাম্যাবস্থায় ধাতব আয়ন ও ধাতুর বিভবের পার্থক্যই ধাতুর তড়িৎদ্বার বিভব।

তড়িৎ রাসায়নিক কোষের ক্ষেত্রে কোষের দুটি তড়িৎদ্বারের বিভবের বীজগণিতীয় যোগফলই ঐ কোষের তড়িচ্চালক বল।

তড়িৎ বিশ্লেষ্যে নিমজ্জিত তড়িৎদ্বারগুলোর পৃষ্ঠতলে সৃষ্ট বিভব পার্থক্যকে তাদের বিক্রিয়ার প্রকৃতি অনুযায়ী (ক) জারণ বিভব ও (খ) বিজারণ বিভব এ দুভাগে বিভক্ত করা হয়ে থাকে।

(ক) জারণ বিভব : তড়িৎদ্বার ও দ্রবণের সংযোগস্থলে অ্যানোড তড়িৎ কর্তৃক ইলেকট্রন ত্যাগের প্রবণতার ফলে যে বিভব পার্থক্যের সৃষ্টি হয় তাকে জারণ বিভব বলা হয়ে থাকে। যেমন– জিংক তড়িৎদ্বারের সাথে হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার যুক্ত করে গঠিত তড়িৎ রাসায়নিক কোষের ইলেকট্রন ত্যাগের প্রবণতার ফলে 0.76 V বিভবের সৃষ্টি হয়।

$Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e.$ $\quad E_{\text{জারণ}} = +0.76\ V$

(খ) বিজারণ বিভব : দ্রবণ থেকে ক্যাথোডের ইলেকট্রন গ্রহণের প্রবণতার ফলে ক্যাথোড তড়িৎদ্বার ও দ্রবণের সংযোগস্থলে যে বিভব পার্থক্যের সৃষ্টি হয় তাকে বিজারণ বিভব বলা হয়ে থাকে। যেমন– কপার তড়িৎদ্বারকে (ড্যানিয়েল কোষের ক্যাথোড) হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের সাথে যুক্ত করে গঠিত তড়িৎ রাসায়নিক কোষের ইলেকট্রন গ্রহণের প্রবণতার ফলে 0.34 V বিভবের সৃষ্টি হয়।

$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e \longrightarrow Cu_{(s)}.$ $\quad E_{\text{বিজারণ}} = +0.34\ V$

৪.১২.২ | কোষের বিভব সংক্রান্ত নার্নস্ট সমীকরণ (Nernst's Equation Related to Cell Potential)

কোনো তড়িৎ রাসায়নিক কোষের তড়িচ্চালক বল, কোষে সংঘটিত বিক্রিয়ায় মুক্ত শক্তি পরিবর্তনের সাথে সম্পর্কযুক্ত। বিজ্ঞানী নার্নস্ট কোষের তড়িচ্চালক বল এবং কোষের মধ্যে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী উপাদানসমূহের আয়নের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন করেন।

তাপগতিবিদ্যায় কোনো বিক্রিয়ার মুক্ত শক্তি নিম্নলিখিতভাবে প্রকাশ করা যায়।

$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln K.$

ΔG = মুক্ত শক্তি = $-nFE$ এবং ΔG° = প্রমাণ মুক্ত শক্তি = $-nFE^\circ$. এখানে n = তুল্যতার সংখ্যা, F = এক ফ্যারাডে = 96500 C.

E = কোষের বা তড়িৎদ্বারের তড়িচ্চালক বল এবং E° = কোষের বা তড়িৎদ্বারের প্রমাণ তড়িচ্চালক বল।

$\therefore \Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln K.$

বা, $-nF E = -nF E^\circ + RT \ln K.$

বা, $E = E^\circ - \frac{RT}{nF} \ln K = E^\circ - \frac{2.303RT}{nF} \log K.$

এখানে, R = 8.313 Joules, F = 96500 C

T = (25 + 273) K = 298K.

$\therefore E = E^\circ - \frac{2.303 \times 8.313 \times 298}{n \times 96500} \log K. = E^\circ - \frac{0.05915}{n} \log K$ ..... (i)

$\therefore E_{\text{কোষ}} = E^\circ_{\text{কোষ}} - \frac{0.0591}{n} \log [K]$

এ সমীকরণটিকে নার্নস্ট সমীকরণ বলা হয়। একটি গ্যালভানিক কোষের ক্ষেত্রে $Zn / Zn^{2+} \| Cu^{2+} / Cu$.

এ তড়িৎ রাসায়নিক কোষের বাম তড়িৎদ্বার : Zn / Zn^{2+} এবং ডান তড়িৎদ্বার : Cu^{2+} / Cu.

$\therefore$ বাম তড়িৎদ্বারের বিক্রিয়া : $Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2e$

ডান তড়িৎদ্বারের বিক্রিয়া : $Cu^{2+} + 2e \longrightarrow Cu.$

সমগ্র কোষ বিক্রিয়াটি : $Zn + Cu^{2+} \rightleftharpoons Zn^{2+} + Cu.$

এ কোষের তড়িচ্চালক বল,

$$E_{\text{কোষ}} = E^\circ_{\text{কোষ}} - \frac{2.303RT}{nF} \log \frac{[Zn^{2+}] \times [Cu]}{[Zn] \times [Cu^{2+}]} = E^\circ_{\text{কোষ}} - \frac{0.0591}{2} \log \frac{[Zn^{2+}]}{[Cu^{2+}]}.$$

$$= E^\circ_{\text{কোষ}} - 0.02955 \log \frac{[Zn^{2+}]}{[Cu^{2+}]}$$

$E^\circ_{\text{কোষ}}$ = কোষের প্রমাণ তড়িচ্চালক বল। কোনো কোষের $E^\circ_{\text{কোষ}}$ মান হতে ঐ কোষের কোষ বিক্রিয়ার স্বতঃস্ফূর্ততা সম্পর্কে পূর্ণ ধারণা লাভ করা যায়।

কোষের প্রমাণ তড়িচ্চালক বল, $E^\circ_{\text{কোষ}} = E^\circ_{\text{ডান (বিজারণ)}} - E^\circ_{\text{বাম (বিজারণ)}}$

যদি কোনো তড়িৎ রাসায়নিক কোষের $E^\circ_{\text{কোষ}}$ এর মান হিসাব করে দেখা যায়, এ মান ধনাত্মক (+Ve) তবে কোষের বিক্রিয়া স্বতঃস্ফূর্তভাবে ঘটবে। আর যদি দেখা যায়, $E^\circ_{\text{কোষ}}$ এর মান ঋণাত্মক তবে কোষ বিক্রিয়া ঘটবে না। অর্থাৎ এক্ষেত্রে কোষ বিক্রিয়া বিপরীত দিকে স্বতঃস্ফূর্ত হবে। উদাহরণস্বরূপ

$Zn(s) / Zn^{2+}(aq) \| Cu^{2+}(aq) / Cu(s)$ এ কোষের ক্ষেত্রে কোষের প্রমাণ তড়িচ্চালক বল,

$E^\circ_{\text{কোষ}} = E^\circ_{\text{ডান (বিজারণ)}} - E^\circ_{\text{বাম (বিজারণ)}} = E^\circ_{Cu^{2+}/Cu} - E^\circ_{Zn^{2+}/Zn} = +0.34 - (-0.763) = +1.103$ V

যেহেতু কোষের, $E^\circ_{\text{কোষ}}$ = + Ve সেহেতু এ কোষের কোষ বিক্রিয়া স্বতঃস্ফূর্তভাবে ঘটবে।

আর যদি এ কোষটি বিপরীতভাবে উপস্থাপন করা হয় তবে কোষটির প্রকাশ,

$Cu(s) / Cu^{2+}(aq) \| Zn^{2+}(aq) / Zn(s)$ এ কোষের ক্ষেত্রে কোষের প্রমাণ তড়িচ্চালক বল,

$E^\circ_{\text{কোষ}} = E^\circ_{\text{ডান (বিজারণ)}} - E^\circ_{\text{বাম (বিজারণ)}} = E^\circ_{Zn^{2+}/Zn} - E^\circ_{Cu^{2+}/Cu} = -0.763 - (+0.34) = -1.103$ V.

এক্ষেত্রে $E^\circ_{\text{কোষ}}$ = – Ve তাই কোষ বিক্রিয়াটি ঘটবে না। এক্ষেত্রে কোষ বিক্রিয়া বিপরীত দিকে স্বতঃস্ফূর্ত হবে।

মনে রাখবে : তড়িৎ রাসায়নিক কোষের তড়িচ্চালক বল, $E_{কোষ} = (E_{ডান} - E_{বাম})$ সমীকরণ ব্যবহার করে কোনো গ্যালভানিক কোষের তড়িচ্চালক বলের গণনায় প্রাপ্ত মান যদি ঋণাত্মক হয়, তবে বুঝতে হবে যে কোষটির সাংকেতিক প্রকাশ IUPAC নিয়ম অনুযায়ী সঠিকভাবে লেখা হয়নি। এ ধরনের সাংকেতিক প্রকাশ অনুযায়ী উৎপন্ন কোষের কোষ বিক্রিয়া কখনোই স্বতঃস্ফূর্তভাবে ঘটবে না। সুতরাং IUPAC রীতি অনুযায়ী সঠিক সাংকেতিক প্রকাশের ক্ষেত্রে বাম তড়িদ্দ্বার ও ডান তড়িদ্দ্বারের অবস্থানের পারস্পরিক পরিবর্তন করে কোষটিকে বিপরীতভাবে লিখতে হবে। এ ধরনের পরিবর্তনের ফলে যে কোষ বিক্রিয়ার সৃষ্টি হবে তা অবশ্যই স্বতঃস্ফূর্তভাবে সম্পন্ন হবে। IUPAC রীতি অনুযায়ী কোষটি সঠিকভাবে সাংকেতিক চিহ্নের মাধ্যমে উপস্থাপন করা হয়েছে।

নিজে কর – ৪.১০ :

১. $Zn(s)/Zn^{2+}(0.02\ M) \parallel Ag^{+}(0.15\ M)/Ag(s)$ এ কোষের কোষ বিক্রিয়া হলো $Zn + 2Ag^{+} = Zn^{2+} + 2Ag$. এ কোষ বিক্রিয়ার ফলে কী পরিমাণ প্রমাণ মুক্ত শক্তির পরিবর্তন ঘটবে। দেয়া আছে $Zn/Zn^{2+} = +0.76\ V$, $Ag^{+}/Ag = +0.799\ V$. **উত্তর :** $-300.887\ kJ$।

২. $Zn(s)/Zn^{2+}(0.15\ M) \parallel Cu^{2+}(0.1\ M)/Cu(s)$ এ কোষ বিক্রিয়া হলো $Zn + Cu^{2+} = Zn^{2+} + Cu$. এ কোষ বিক্রিয়ার ফলে কী পরিমাণ প্রমাণ মুক্ত শক্তির পরিবর্তন ঘটবে। দেয়া আছে, $Zn/Zn^{2+} = 0.76\ V$, $Cu^{2+}/Cu = +0.34\ V$. **উত্তর :** $-212.3\ kJ$।

৪.১২.৩ লবণ সেতু (Salt Bridge)

দুটি ভিন্ন অর্ধকোষের সংযোগের ক্ষেত্রে তাদের মধ্যে ইউ (U) আকৃতির কাচের নলের মধ্যে KCl, KNO_3 NH_4NO_3 বা, Na_2SO_4 এর 0.1 M ঘনমাত্রার দ্রবণ নিয়ে এতে সামান্য পরিমাণ অ্যাগার-অ্যাগার মিশ্রিত করে উত্তপ্ত করার পর দ্রবণটিকে U আকৃতির কাচের নলের মধ্যে ঢেলে দিয়ে শীতল হতে দিলেই দ্রবণটি জেলির মতো জমে যায়। নলের মুখে তুলার প্যাড দিয়ে বন্ধ করে নলটিকে দুটি অর্ধকোষের দ্রবণে নিমজ্জিত করে যে পরোক্ষ সংযোগ স্থাপন করা হয় সেটিই লবণ সেতু। এ লবণ সেতুর সংযোগের ফলেই দুটি অর্ধকোষের দ্রবণ সংযুক্ত হয়ে বৈদ্যুতিক বর্তনীপূর্ণ করে পূর্ণাঙ্গ তড়িৎ রাসায়নিক কোষ সৃষ্টি করে থাকে। লবণ সেতুতে বর্তমান তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন অর্ধকোষের দ্রবণে পরিব্যাপ্ত হয়ে উভয় দ্রবণের তড়িৎ নিরপেক্ষতা বজায় রাখে। তড়িৎ রাসায়নিক কোষের তড়িৎদ্বারে জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার সময় লবণ সেতুর অনুপস্থিতিতে জারণ অর্ধকোষে ক্যাটায়ন ও বিজারণ অর্ধকোষে অ্যানায়নের আধিক্য ঘটে; অর্থাৎ পরিমাণের বৃদ্ধি ঘটে। ফলে তড়িৎ প্রবাহ ব্যাহত হয় এবং হ্রাস পেতে পেতে এক সময় তা বন্ধ হয়ে যায়। যে কারণে পূর্ণাঙ্গ তড়িৎ রাসায়নিক কোষ উপস্থাপনের ক্ষেত্রে বাম তড়িৎদ্বার (জারণ তড়িৎদ্বার) ও ডান তড়িৎদ্বার (বিজারণ তড়িৎদ্বার) এর সাথে লবণ সেতুকে উপস্থাপন করা হয়।



চিত্র ৪.১৬ : লবণ সেতু

অবশ্যই মনে রাখবে :

১. প্রমাণ বিজারণ বিভব বিক্রিয়া সংশ্লিষ্ট উপাদান পদার্থ অথবা তাদের আয়নের সহগের ওপর নির্ভরশীল নয়।

২. কোনো তড়িৎদ্বারের বিভব জারণ অথবা বিজারণ বিভব হিসেবে প্রকাশ করা যায়। বিভব যতো ধনাত্মক হবে, তড়িৎদ্বারটি ততই অ্যানোড বা ঋণাত্মক তড়িৎদ্বার হিসেবে আচরণ করবে। আর বিভব যতো ঋণাত্মক হবে, তড়িৎদ্বারটি ততোই ক্যাথোড বা ধনাত্মক তড়িৎদ্বার হিসেবে কাজ করবে।

৩. কোনো একক তড়িৎদ্বারের জারণ বিভবের মান উল্লেখ থাকলে ঐ তড়িৎদ্বারের বিজারণ বিভবের মানও একই হবে, শুধু চিহ্ন বিপরীত চিহ্ন যুক্ত হবে।

উদাহরণ ১ : $Fe + CuSO_4 = FeSO_4 + Cu$. এ বিক্রিয়াটি কি স্বতঃস্ফূর্তভাবে ঘটবে? দেওয়া আছে Fe^{2+}/Fe ও Cu^{2+}/Cu এর বিজারণ বিভব যথাক্রমে -0.44 V ও $+0.34$ V

সমাধান : $Fe + CuSO_4 = FeSO_4 + Cu$. এ রাসায়নিক বিক্রিয়াটি যে তড়িৎ রাসায়নিক কোষে সংঘটিত সে তড়িৎ রাসায়নিক কোষটি : $Fe(s) / FeSO_4 \parallel CuSO_4 / Cu(s)$.

বা, $Fe/Fe^{2+} \parallel Cu^{2+}/Cu$. এ কোষের প্রমাণ তড়িচ্চালক বল, $E^\circ_{\text{কোষ}} = E^\circ_{\text{ডান (বিজারণ)}} - E^\circ_{\text{বাম (বিজারণ)}}$

$= E^\circ_{Cu^{2+}/Cu} - E^\circ_{Fe^{2+}/Fe} = 0.34 - (-0.44) = +0.78$ V.

যেহেতু কোষ বিক্রিয়ায় $E^\circ_{\text{কোষ}}$ ধনাত্মক সেহেতু কোষ বিক্রিয়াটি স্বতঃস্ফূর্তভাবে ঘটবে।

উদাহরণ ২ : দস্তার পাত্রে 1.0 M $Ni(NO_3)_2$ দ্রবণকে রাখা যাবে কিনা ব্যাখ্যাসহ উল্লেখ কর। দেওয়া আছে, $Zn/Zn^{2+} = +0.76$ V এবং $Ni/Ni^{2+} = +0.25$ V।

সমাধান : দস্তার পাতে $Ni(NO_3)_2$ দ্রবণকে রাখলে যদি বিক্রিয়া ঘটে তবে বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ–

$Zn + Ni(NO_3)_2 \longrightarrow Zn(NO_3)_2 + Ni$

এ রাসায়নিক বিক্রিয়াটি যে তড়িৎ রাসায়নিক কোষে সংঘটিত হয় সেই তড়িৎ রাসায়নিক কোষটি

$Zn(s) / Zn(NO_3)_2(aq) \parallel Ni(NO_3)_2(aq) \parallel Ni(s)$

বা, $Zn(s) / Zn^{2+}(aq) \parallel Ni^{2+}(aq) \parallel Ni(s)$.

এ কোষের প্রমাণ তড়িচ্চালক বল,

$E^\circ_{\text{কোষ}} = E^\circ_{\text{ডান (বিজারণ)}} - E^\circ_{\text{বাম (বিজারণ)}} = E^\circ_{Ni^{2+}/Ni} - E^\circ_{Zn^{2+}/Zn.} = -0.25 - (-0.76) = +0.51$ V

যেহেতু কোষ বিক্রিয়ায় $E^\circ_{\text{কোষ}}$ ধনাত্মক সেহেতু কোষ বিক্রিয়াটি স্বতঃস্ফূর্তভাবে ঘটবে। তাই দস্তার পাতে $Ni(NO_3)_2$ দ্রবণকে রাখা যাবে না।

নিজে কর – ৪.১১ : নিচের কোন বিক্রিয়াগুলো স্বতঃস্ফূর্তভাবে ঘটবে?

১. $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$. ২. $2Ag(s) + Zn^{2+}(aq) \rightarrow 2Ag^+(aq) + Zn(s)$.

৩. $Fe(s) + ZnSO_4(aq) \rightarrow FeSO_4(aq) + Zn(s)$. ৪. $3Sn(s) + 2Fe^{3+}(aq) \rightarrow 3Sn^{2+}(aq) + 2Fe(s)$.

৫. $2Al(s) + 3ZnSO_4(aq) \rightarrow Al_2(SO_4)_3(aq) + 3Zn(s)$. ৬. $Mg(s) + 2HCl(aq) \rightarrow MgCl_2(aq) + H_2(g)$.

দেওয়া আছে $E^\circ_{Ag+/Ag} = +0.799$ V, $E^\circ_{Zn2+/Zn} = -0.76$ V, $E^\circ_{Fe2+/Fe} = -0.44$ V, $E^\circ_{Sn2+/Sn} = -0.14$ V, $E^\circ_{Al3+/Al} = -0.1662$ V, $E^\circ_{Cu2+/Cu} = +0.34$ V, $E^\circ_{Mg2+/Mg} = -2.3$V এর বিজারণ বিভব যথাক্রমে।

চিন্তা কর, হিসাব কর এবং সঠিক উত্তর দাও – ৪.১২ :

১. তামার পাত্রে $FeSO_4$ দ্রবণকে রাখা যাবে কী? ($E^\circ_{Cu^{2+}/Cu} = 0.34$ V এবং $E^\circ_{Fe^{2+}/Fe} = -0.44$ V)

২. 1.0 M $CuSO_4$ দ্রবণ এবং 1.0 M $ZnSO_4$ দ্রবণ দুটির মধ্যে কোনটিকে লোহার পাত্রে রাখা যাবে?

৩. 1.0 M $AgNO_3$ দ্রবণ এবং 1.0 M $Ni(NO_3)_2$ দ্রবণকে কি পৃথকভাবে দুটি টিনের পাত্রে রাখা যাবে?

দেওয়া আছে $Cu^{2+}/Cu = +0.34$ V, $Fe/Fe^{2+} = +0.44$ V, $Zn/Zn^{2+} = +0.76$ V, $Ag^+/Ag = +0.799$ V, $Ni/Ni^{2+} = +0.25$ V।

উদাহরণ ১ : 25 °C তাপমাত্রায় 0.2M Ag^+ দ্রবণের Ag তড়িৎদ্বার ডুবালে তড়িৎদ্বার বিভব কত হবে তা নির্ণয় কর। ($E^\circ_{Ag/Ag^+} = -0.799$ V).

সমাধান : নার্নস্ট তত্ত্বানুসারে Ag তড়িৎদ্বার দ্রবণে ডুবালে $Ag \longrightarrow Ag^+ + e$.

$\therefore$ একক তড়িৎদ্বার বিভব, $E_{Ag/Ag^+} = E^\circ_{Ag/Ag^+} - \frac{2.303RT}{nF} \log \frac{[Ag^+]}{[Ag]} = -0.799 - \frac{0.05915}{1} \log(0.2)$

এখানে, 25 °C তাপমাত্রায় $\frac{2.303RT}{F} = 0.05915$ এবং $n = 1$

$\therefore E_{Ag/Ag^+} = -0.799 - 0.041344 = -0.840344$ V

$\therefore$ Ag তড়িৎদ্বার বিভব $= -0.840344$ V

উদাহরণ ২ : 25 °C তাপমাত্রায় কোষটির তড়িচ্চালক বলের মান হিসাব কর।

(ক) $Zn(s)/ZnSO_4$ (0.1M) ‖ $CuSO_4$ (0.3M) / Cu(s); দেওয়া আছে, $E°_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76$ V এবং $E°_{Cu^{2+}/Cu} = +0.34$ V.

(খ) $Ni(s) / Ni^{2+}$ (.15 M) ‖ Ag^+ (0.2 M) / Ag(s); দেওয়া আছে, $E°_{Ni^{2+}/Ni} = -0.25$ V, $E°_{Ag^+/Ag} = +0.799$ V.

সমাধান : (ক) তড়িৎ রাসায়নিক কোষটি : $Zn(s) / ZnSO_4$ (0.1 M) ‖ $CuSO_4$ (0.3 M) / Cu(s)

বা, $Zn(s) / Zn^{2+}$ (0.1 M) ‖ Cu^{2+} (0.3 M) / Cu(s).

এ তড়িৎ রাসায়নিক কোষের বাম তড়িৎদ্বার : Zn / Zn^{2+} এবং ডান তড়িৎদ্বার : Cu^{2+} / Cu.

বাম তড়িৎদ্বারে বিক্রিয়া : $Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2e$

ডান তড়িৎদ্বারের বিক্রিয়া : $Cu^{2+} + 2e \longrightarrow Cu$

সমগ্র কোষ বিক্রিয়া : $Zn + Cu^{2+} \longrightarrow Zn^{2+} + Cu$

নার্নস্ট সমীকরণ হতে আমরা পাই,

কোষের তড়িচ্চালক বল, $E_{\text{কোষ}} = E°_{\text{কোষ}} - \frac{2.303RT}{nF} \log \frac{[Zn^{2+}] \times [Cu]}{[Zn] \times [Cu^{2+}]}$

25°C তাপমাত্রায় $\frac{2.303RT}{F} = 0.05415$ এবং $n = 2$

$\therefore E_{\text{কোষ}} = E°_{\text{কোষ}} - \frac{0.05915}{2} \log \frac{[Zn^{2+}]}{[Cu^{2+}]} = E°_{\text{কোষ}} - 0.029575 \log \left(\frac{0.1}{0.3}\right) = E°_{\text{কোষ}} + 0.01411$

এখন, $E°_{\text{কোষ}} = E°_{\text{ডান (বিজারণ)}} - E°_{\text{বাম (বিজারণ)}} = E°_{Cu^{2+}/Cu} - E°_{Zn^{2+}/Zn} = +0.34 - (-0.76) = +1.10$ V

$\therefore E_{\text{কোষ}} = +1.10 + 0.01411 = 1.11411$V

$\therefore$ প্রদত্ত কোষের তড়িচ্চালক বলের মান + 1.11411V

(খ) তড়িৎ রাসায়নিক কোষটি : $Ni(s) / Ni^{2+}(0.15\ M) ‖ Ag^+ (0.2\ M) / Ag(s)$.

এ তড়িৎ রাসায়নিক কোষের বাম তড়িৎদ্বার : $Ni(s) / Ni^{2+}$ এবং ডান তড়িৎদ্বার : Ag^+ / Ag

বাম তড়িৎদ্বারের বিক্রিয়া : $Ni \longrightarrow Ni^{2+} + 2e$

ডান তড়িৎদ্বারের বিক্রিয়া : $2Ag^+ + 2e \longrightarrow 2Ag$

$\therefore$ সমগ্র কোষ বিক্রিয়া : $Ni + 2Ag^+ \longrightarrow Ni^{2+} + 2Ag$

নার্নস্ট সমীকরণ হতে আমরা পাই,

কোষের তড়িচ্চালক বল, $E_{\text{কোষ}} = E°_{\text{কোষ}} - \frac{2.303RT}{nF} \log \frac{[Ni^{2+}] \times [Ag]^2}{[Ni] \times [Ag^+]^2}$

25°C তাপমাত্রায় $\frac{2.303RT}{F} = 0.05915$ এবং $n = 2$

$\therefore E_{\text{কোষ}} = E°_{\text{কোষ}} - \frac{0.05915}{2} \log \frac{[Ni^{2+}]}{[Ag^+]^2} = E°_{\text{কোষ}} - 0.029575 \log \frac{0.15}{(0.2)^2} = E°_{\text{কোষ}} - 0.016976$

এখন, $E°_{\text{কোষ}} = E°_{\text{ডান (বিজারণ)}} - E°_{\text{বাম (বিজারণ)}} = E°_{Ag+/Ag} - E°_{Ni^{2+}/Ni} = +0.799 - (-0.25) = 1.049$ V

$\therefore E_{\text{কোষ}} = 1.049 + 0.016976 = 1.065976$ V

$\therefore$ প্রদত্ত কোষের তড়িচ্চালক বলের মান + 1.065976 V

নিজে কর – ৪.১৩ :

১. 25°C তাপমাত্রায় 0.5 M Zn^{2+} আয়নের দ্রবণে জিঙ্ক তড়িৎদ্বার ডুবালে তার তড়িৎদ্বার বিভব কত হবে তা নির্ণয় কর। ($E°_{Zn/Zn^{2+}} = +0.76$ V)

২. 25°C তাপমাত্রায় 0.15M Cu^{2+} আয়নের দ্রবণে কপার তড়িৎদ্বার ডুবালে তার তড়িৎদ্বার বিভব কত হবে তা নির্ণয় কর। ($E°_{Cu/Cu^{2+}} = -0.34$ V).

নিজে কর – ৪.১৪ : 25 °C তাপমাত্রায় নিচের কোষের তড়িচ্চালক বলের মান নির্ণয় কর :

১. $Zn(s) / Zn(NO_3)_2$ (0.2 M) ‖ $Ni(NO_3)_2$ (0.3 M) / Ni(s); ২. $Al(s) / Al^{3+}$ (0.15 M) ‖ Zn^{2+} (0.25 M) / Zn(s).

৩. $Fe(s) / Fe^{3+}$ (0.2 M) ‖ Sn^{2+} (0.1 M) / Sn(s). ৪. $Zn(s) / Zn^{2+}$ (0.1 M) ‖ Ag^+ (0.2 M) / Ag(s).

৫. $Cd(s)/Cd^{2+}$(0.02 M) ‖ H^+(0.2 M)/H_2(0.5 atm), Pt. ৬. Pt, H_2 (5 atm)/HCl/H_2(2 atm), Pt.

৭. $Ni(s)/Ni^{2+}$(0.05 M) ‖ H^+(0.25 M)/H_2(0.7 atm), Pt. ৮. Pt, H_2(15 atm)/HCl(0.15 M)/H_2(5 atm), Pt.

৯. $Cu(s)/Cu^{2+}$(0.15 M) ‖ Ag^+(0.1M)/Ag(s). ১০. $Zn(s)/Zn^{2+}$(0.2 M) ‖ Cu^{2+}(0.2M)/Cu(s).

দেওয়া আছে, $E^\circ_{Zn/Zn^{2+}} = +0.76$ V, $E^\circ_{Ni/Ni^{2+}} = +0.25$ V, $E^\circ_{Al/Al^{3+}} = +1.662$ V, $E^\circ_{Sn/Sn^{2+}} = +0.036$ V;

$E^\circ_{Fe/Fe^{3+}} = 0.44$ V, $E^\circ_{Ag+/Ag} = +0.799$ V, $E^\circ_{Cu^{2+}/Cu} = +0.337$ V, $E^\circ_{Cd^{2+}/Cd} = -0.402$ V

উত্তরমালা :

১।	0.512079 V	২।	0.906374 V	৩।	0.3882064 V	৪।	1.54726 V	৫	0.419805 V
৬।	1.1769075×10^{-2} V	৭।	0.275253263 V	৮।	1.411086×10^{-2} V	৯।	0.427217 V	১০।	1.097 V

৪.১২.৪ | কোষের তড়িচ্চালক বলের সাথে কোষ বিক্রিয়ার ফলে গিবস মুক্ত শক্তি হ্রাসের সম্পর্ক

(Relation between EMF and Gibes Free energy decrease of a cell reaction)

তড়িৎ রাসায়নিক কোষের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ফলে তড়িৎ শক্তির সৃষ্টি হয়। ক্যাথোড তড়িদ্দ্বার ও অ্যানোড তড়িদদ্বারকে পরিবাহী তারের মাধ্যমে সংযুক্ত করলে তড়িৎ প্রবাহ ঘটে। আর তখনই তড়িৎ রাসায়নিক কোষটিতে বৈদ্যুতিক কাজ সম্পন্ন হয়। তড়িৎ রাসায়নিক কোষের ক্ষেত্রে এ তড়িৎ প্রবাহজনিত কৃতকাজের মানই হলো ঐ কোষ থেকে প্রাপ্ত সর্বাধিক কাজের পরিমাণ (W_{max})।

মনে করি, কোনো তড়িৎ রাসায়নিক কোষের কোষ বিক্রিয়ার সাথে n সংখ্যা ইলেকট্রন যুক্ত থাকে এবং কোষের তড়িচ্চালক বলের মান $E_{কোষ}$। এক্ষেত্রে কোষের মধ্যে n গ্রাম তুল্যাঙ্ক জারক উপাদানের সাথে n গ্রাম তুল্যাঙ্ক বিজারক উপাদানের বিক্রিয়ার ফলে n ফ্যারোডে তড়িৎ উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন তড়িৎ ক্যাথোড ও অ্যানোড সংযুক্ত পরিবাহী তারের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত হয়।

আমরা জানি, তড়িৎ প্রবাহজনিত কাজ = প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণ × বিভব পার্থক্য।

বা, W_{max} = প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণ × কোষের তড়িচ্চালক বল। এখানে প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণ = n ফ্যারাডে = nF কুলম্ব এবং কোষের তড়িচ্চালক বল = $E_{কোষ}$।

$\therefore W_{max} = nF \times E_{কোষ}$ ভোল্ট-কুলম্ব = nFE জুল

এখন তাপগতিবিদ্যায় সূত্রানুসারে, কোনো তড়িৎ রাসায়নিক কোষে রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে যে মুক্ত শক্তির হ্রাস ঘটে তা সব সময় উৎপন্ন তড়িৎ শক্তি অর্থাৎ তড়িৎপ্রবাহজনিত কাজের সমান হয়।

সুতরাং মুক্ত শক্তির হ্রাস = বৈদ্যুতিক কৃতকাজ

বা, $-\Delta G = W_{max} = nFE_{কোষ}$

বা, $\Delta G = -nFE_{কোষ}$

যদি কোষ বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী উপাদানগুলো প্রমাণ অবস্থায় থাকে তবে এ সমীকরণটিকে নিম্নরূপ লেখা হয়,

$-\Delta G^\circ = nFE^\circ_{কোষ}$।

এখানে $-\Delta G^\circ$ = কোষে রাসায়নিক বিক্রিয়ার কারণে প্রমাণ মুক্ত শক্তির হ্রাস এবং $E^\circ_{কোষ}$ = কোষের প্রমাণ তড়িচ্চালক বল। যখন $E^\circ_{কোষ} = 0$ তখন $\Delta G^\circ = 0$। সেক্ষেত্রে কোষ বিক্রিয়াটি সাম্যাবস্থায় থাকে।

উদাহরণ ১ : নিচে দুটি অর্ধকোষ বিক্রিয়ার প্রমাণ বিজারণ বিভবের মান দেয়া হলো–

(i) $Cd^{2+} + 2e \rightarrow Cd$, $E^\circ = -0.40$ V এবং (ii) $Ag^+ + e \rightarrow Ag$, $E^\circ = +0.80$ V।

$Cd + 2Ag^+ \rightarrow Cd^{2+} + 2Ag$ এ বিক্রিয়াটির প্রমাণ মুক্ত শক্তির পরিবর্তনের মান হিসাব কর।

সমাধান : $Cd^{2+} + 2e \rightarrow Cd$, $E^\circ = -0.40$ V এবং $Ag^+ + e \rightarrow Ag$, $E^\circ = +0.80$ V।

অর্থাৎ, $E^\circ_{Cd^{2+}/Cd} < E^\circ_{Ag^+/Ag}$। সুতরাং প্রথম বিক্রিয়াটি বাম তড়িৎদ্বার এবং দ্বিতীয় বিক্রিয়াটি ডান তড়িৎদ্বার হিসেবে কাজ করবে। বাম তড়িৎদ্বারটি অ্যানোড এবং ডান তড়িৎদ্বারটি ক্যাথোড তড়িৎদ্বার।

সুতরাং কোষের প্রমাণ তড়িৎচালক বল, $E^\circ_{\text{কোষ}} = E^\circ_{\text{ডান (বিজারণ)}} - E^\circ_{\text{বাম (বিজারণ)}}$

বা, $E^\circ_{\text{কোষ}} = E^\circ_{Ag^+/Ag} - E^\circ_{Cd^{2+}/Cd} = 0.80 - (-0.40) = +1.20\ V$

$Cd + 2Ag^+ \rightarrow Cd^{2+} + 2Ag$ এ কোষ বিক্রিয়াটিতে $n = 2$

আমরা জানি,

প্রমাণ মুক্ত শক্তির পরিবর্তন, $\Delta G^\circ = -nFE^\circ = -2 \times 96500 \times 1.20 = -231600\ J = 231.6\ kJ$।

প্রমাণ মুক্তশক্তির পরিবর্তন 231.6 kJ।

উদাহরণ ২ : যদি $Ce^{4+} + e \rightarrow Ce^{3+}$, $E^\circ = 1.44\ V$ এবং $Fe^{3+} + e \rightarrow Fe^{2+}$, $E^\circ = 0.77\ V$ হয় তবে $Pt, Fe^{2+}_{(aq)}/Fe^{3+}_{(aq)} \parallel Ce^{4+}_{(aq)}/Ce^{3+}_{(aq)}, Pt$ তড়িৎ রাসায়নিক কোষটির সাম্যধ্রুবকের মান গণনা কর।

সমাধান : $Pt, Fe^{2+}/Fe^{3+} \parallel Ce^{4+}/Ce^{3+}, Pt$ তড়িৎ রাসায়নিক কোষটির ক্ষেত্রে

বাম তড়িৎদ্বারের বিক্রিয়া : $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e$

ডান তড়িৎদ্বারের বিক্রিয়া : $Ce^{4+} + e \rightarrow Ce^{3+}$

সমগ্র কোষ বিক্রিয়া : $Fe^{2+} + Ce^{4+} \rightarrow Fe^{3+} + Ce^{3+}$; এখানে $n = 1$

$$\therefore E_{\text{কোষ}} = E^\circ_{\text{কোষ}} - \frac{0.0591}{1} \log \frac{[Fe^{3+}] \times [Ce^{3+}]}{[Fe^{2+}] \times [Ce^{4+}]}$$

এখানে, সাম্যাবস্থায় $E_{\text{কোষ}} = 0$ এবং $E^\circ_{\text{কোষ}} = E^\circ_{\text{ডান (বিজারণ)}} - E^\circ_{\text{বাম (বিজারণ)}}$

$= E^\circ_{Ce^{4+}/Ce^{3+}} - E^\circ_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} = (1.44 - 0.77) = 0.67\ V$

$$\therefore 0 = 0.67 - 0.0591 \log \frac{[Fe^{3+}] \times [Ce^{3+}]}{[Fe^{2+}] \times [Ce^{4+}]}$$

বা, $0.67 = 0.0591 \log K$

বা, $\log K = 11.3367$

$\therefore K = 2.171 \times 10^{11}$

সাম্যধ্রুবকের মান 2.171×10^{11}।

উদাহরণ ৩ : কপার ধাতুর E°_{red} এর মান + 0.34 V। একটি কপার পাতকে 0.115 M Cu^{2+} আয়নের দ্রবণে ডুবালে তড়িৎদ্বার বিভবের মান গণনা কর। যদি দ্রবণে Cu^{2+} আয়নের ঘনমাত্রাকে হ্রাস করা হয় তবে তড়িৎদ্বার বিবরের মানের কী পরিবর্তন ঘটবে?

সমাধান : তড়িৎদ্বারের বিক্রিয়া : $Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu$

$$E_{Cu^{2+}/Cu} = E^\circ_{Cu^{2+}/Cu} - \frac{0.0591}{2} \log \frac{[Cu]}{[Cu^{2+}]}$$

এখানে $[Cu] = 1$ এবং $[Cu^{2+}] = 0.115\ M$

$\therefore E_{Cu^{2+}/Cu} = +0.34 + 0.02955 \log [Cu^{2+}]$

বা, $E_{Cu^{2+}/Cu} = +0.34 + 0.02955 \log (0.115)$

$\therefore E_{Cu^{2+}/Cu} = +0.31224\ V$

যদি দ্রবণে Cu^{2+} আয়নের ঘনমাত্রা $[Cu^{2+}]$ হ্রাস ঘটানো হয় তবে তড়িৎদ্বার বিভবের মানের হ্রাস ঘটবে।



দলগতভাবে কর – ৪.১৫ (উচ্চতর দক্ষতা স্তর) :

তড়িৎদ্বার বিভব ও তড়িচ্চালক বল নির্ণয় :

১. 25 °C তাপমাত্রায় নিচে উল্লেখিত কোষ দুটির EMF মান $Zn_{(s)}/ZnSO_4\ (0.01M) \parallel CuSO_4(1.0\ M) / Cu_{(s)}$ কোষটির E_1 এবং $Zn_{(s)}/ZnSO_4\ (1.0\ M) \parallel CuSO_4(0.01\ M) / Cu_{(s)}$ কোষটির E_2। E_1 ও E_2 এর মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন কর। **[উত্তর : $E_1 > E_2$]**

২. দুটি গ্যালভানিক কোষ দেওয়া হলো–

১ম কোষ : $Zn_{(s)}/Zn^{2+}\ (1.0\ M) \parallel H^+\ (1\ M) / H_2\ (1\ atm), Pt$

২য় কোষ : $Zn_{(s)} / Zn^{2+}\ (0.01\ M) \parallel H^+\ (1\ M) / H_2\ (1\ atm), Pt$

১ম ও ২য় গ্যালভানিক কোষ দুটির তড়িচ্চালক বলের পার্থক্য নির্ণয় কর। **[উত্তর : $\pm 0.0591\ V$]**

৩. Al ধাতু লঘু HCl থেকে হাইড্রোজেনকে অপসারণ করলেও Ag ধাতু পারে না। Al/Al^{3+} ও Ag/Ag^{+} তড়িদ্দ্বারের সমন্বয়ে গঠিত কোষে তড়িচ্চালক বলের মান + 2.46 V। Ag তড়িদ্দ্বারের বিজারণ বিভবের মান + 0.80 V হলে Al তড়িদ্দ্বারের বিজারণ বিভবের মান গণনা কর। [**উত্তর :** – 1.66 V]

৪. নিচে দুটি গ্যালভানিক কোষ এবং কোষ দুটির প্রমাণ তড়িচ্চালক বলের মান দেওয়া হলো :
$Cu_{(s)}/Cu^{2+}$ (1.0 M) ‖ Ag^{+} (1.0 M) / $Ag_{(s)}$; $E^{\circ}_{\text{কোষ}} = + 0.46$ V
$Zn_{(s)}/Zn^{2+}$ (1.0 M) ‖ Cu^{2+} (1.0 M) / $Cu_{(s)}$; $E^{\circ}_{\text{কোষ}} = + 1.10$ V
$Zn_{(s)}/Zn^{2+}$ (1.0 M) ‖ Ag^{+} (1 M) / $Ag_{(s)}$ কোষটির তড়িচ্চালক বলের মান গণনা কর। [**উত্তর :** 1.56 V]

৫. $Fe^{3+} + 3e \longrightarrow Fe$; $E^{\circ} = - 0.036$ V এবং $Fe^{2+} + 2e \longrightarrow Fe$; $E^{\circ} = - 0.44$ V হলে–
$Fe^{3+} + e \longrightarrow Fe^{2+}$ এর প্রমাণ বিজারণ বিভবের মান নির্ণয় কর। [**উত্তর :** + 0.772 V]

৬. 25 °C তাপমাত্রায় $Cu^{2+}_{(aq)} / Cu_{(s)}$ ও $Cu^{+}_{(aq)} / Cu_{(s)}$ তড়িদ্দ্বারের প্রমাণ জারণ বিভবের মান যথাক্রমে + 0.34 V ও + 0.52 V। $Cu^{2+}_{(aq)} / Cu^{+}_{(aq)}$ তড়িদ্দ্বারের প্রমাণ বিজারণ বিভবের মান নির্ণয় কর। [**উত্তর :** + 0.16 V]

৭. 25 °C তাপমাত্রায় $Al_{(s)}/Al^{3+}$ (0.002 M) ও $Ni_{(s)}/Ni^{2+}$(0.5 M) তড়িৎদ্বার দুটিকে যুক্ত করে একটি গ্যালভানিক কোষ সৃষ্টি করা হলো। কোষটি তড়িচ্চালক বলের মান গণনা কর। ($E^{\circ}_{Ni^{2+}/Ni} = - 0.25$ V ও $E^{\circ}_{Al^{3+}/Al} = - 1.66$ V) **উত্তর :** + 1.454 V।

৮. 25 °C তাপমাত্রায় Ag/Ag^{+} (1.5×10^{-3} M) ও Mg/Mg^{2+}(0.35 M) তড়িৎদ্বার দুটিকে যুক্ত করে একটি গ্যালভানিক কোষ গঠন করা হলো। কোষটির তড়িচ্চালক বলের মান নির্ণয় কর। যদি দ্রবণে Mg^{2+} আয়নের ঘনমাত্রা 0.1 M এ পরিবর্তন করা হয় তবে কোষের তড়িচ্চালক বলের উপর কী প্রভাব পড়বে? ($E^{\circ}_{Ag^{+}/Ag} = + 0.80$ V এবং $E^{\circ}_{Mg^{2+}/Mg} = - 2.37$ V)। **উত্তর :** 3.0166 V এবং 3.0326 V।

৯. 25 °C তাপমাত্রায় একটি জিংকের পাতকে 0.095 M $ZnSO_4$ দ্রবণের মধ্যে রেখে তড়িৎদ্বার গঠন করা হলো। দ্রবণে $ZnSO_4$ 92% বিয়োজিত হলে $E_{Zn^{2+}/Zn}$ তড়িৎদ্বারের তড়িৎ বিভবের মান গণনা কর। ($E^{\circ}_{Zn^{2+}/Zn} = - 0.76$ V)। **উত্তর :** – 0.7912 V।

১০. 25 °C তাপমাত্রায় নিচে উল্লিখিত তড়িৎদ্বারটির বিজারণ বিভবের মান গণনা কর।
Pt, Cl_2(1.25 atm)/$2Cl^{-}$(0.015 M)।
দেওয়া আছে, $E^{\circ}_{Cl_2/2Cl^{-}, Pt} = + 1.36$ V। **উত্তর :** + 1.4706 V।

১১. 25 °C তাপমাত্রায় একটি অর্ধকোষ বিক্রিয়া :
$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^{+}(aq) + 6e \rightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l)$
এ অর্ধকোষটির তড়িৎদ্বার বিভরেব মান গণনা কর, যখন $[Cr_2O_7^{2-}] = 0.09$ M, $[Cr^{3+}] = 0.18$ M এবং $[H^{+}] = 1.0 \times 10^{-3}$ M। তড়িৎদ্বারের প্রমাণ বিজারণ বিভবের মান, $E^{\circ}_{red} = 1.33$ V। **উত্তর :** + 0.7828 V।

১২. 25°C তাপমাত্রায় একটি অর্ধকোষ বিক্রিয়া :
$MnO_4^{-}(aq) + 8H^{+}(aq) + 5e \rightarrow Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(l)$
এ অর্ধকোষটির তড়িৎদ্বার বিভরেব মান গণনা কর, যখন $[MnO_4^{-}] = 0.02$ M, $[H^{+}] = 1.0 \times 10^{-4}$ M এবং $[Mn^{2+}] = 0.15$ M। তড়িৎদ্বারের প্রমাণ বিজারণ বিভবের মান, $E^{\circ}_{red} = 1.51$ V। **উত্তর :** + 1.1214 V।

আয়নের ঘনমাত্রা নির্ণয় :

১. $Zn_{(s)}$ / Zn^{2+} (0.1 M) ‖ Cd^{2+} (x M) / $Cd_{(s)}$ গ্যালভানিক কোষটির 25 °C তাপমাত্রায় তড়িচ্চালক বলের মান + 0.3305 V এবং $E^{\circ}_{Zn^{+}/Zn} = - 0.76$ V ও $E_{Cd^{2+}/Cd} = - 0.40$ V। x এর মান নির্ণয় কর। [**উত্তর :** 0.01 M]

২. $Zn_{(s)}/Zn^{2+}$ (0.1 M) ‖ Ag^{+}(xM) / $Ag_{(s)}$; এ গ্যালভানিক কোষটির 25 °C তাপমাত্রায় তড়িচ্চালক বলের মান + 1.54726 V এবং $E^{\circ}_{Zn/Zn^{2+}} = - 0.76$ V ও $E^{\circ}_{Ag^{+}/Ag} = + 0.79$ V। x এর মান নির্ণয় কর। [**উত্তর :** 0.2 M]

৩. $Cu_{(s)}/Cu^{2+}$ (0.01 M) ‖ Ag^{+} (x M) / $Ag_{(s)}$; এ গ্যালভানিক কোষটির 25 °C তাপমাত্রার তড়িচ্চালক বলের মান শূন্য এবং $E^{\circ}_{Cu^{2+}/Cu} = + 0.337$ V এবং $E^{\circ}_{Ag^{+}/Ag} = 0.799$ V। x এর মান নির্ণয় কর। [**উত্তর :** 1.523×10^{-9} M]

৪. $Zn_{(s)}$ / $Zn^{2+}(C_1)$ ‖ $Cu^{2+}(C_2)$ / $Cu_{(s)}$; 25 °C তাপমাত্রায় এ গ্যালভানিক কোষটির $E_{\text{কোষ}} - E^{\circ}_{\text{কোষ}} = 0.0591$ হলে C_1/C_2 এর অনুপাতটি গণনা কর। [**উত্তর :** 1.0×10^{-2}]

৫. 28 °C তাপমাত্রায় 500 mL 1.0 M $Ni(NO_3)$ দ্রবণে অতিরিক্ত জিঙ্কের টুকরা যোগ করা হলো। সাম্যাবস্থায় Ni^{2+} আয়নের ঘনমাত্রা নির্ণয় কর। $Zn^{2+}_{(aq)}/Zn_{(s)}$ এবং $Ni^{2+}_{(aq)}/Ni_{(s)}$ এর প্রমাণ বিজারণ বিভব যথাক্রমে – 0.75 V ও 0 – 0.2 V। [**উত্তর :** 0.34 M]

৬. 25°C তাপমাত্রায় একটি গ্যালভানিক কোষ গঠন করা হলো $Ag^{+}_{(aq)}/Ag_{(s)}$ ও $Fe^{3+}_{(aq)}/Fe^{2+}_{(aq)}$, Pt তড়িৎদ্বারের সমন্বয়ে। যদি দ্রবণে Fe^{3+} ও Fe^{2+} আয়নের ঘনমাত্রা একই হয় তবে Ag^{+} আয়নের ঘনমাত্রা কত হলে কোষটির তড়িচ্চালক বলের মান শূন্য হবে। ($E^{\circ}_{Ag+/Ag} = + 0.80$ V ও $E^{\circ}_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} = + 0.77$ V)। **উত্তর :** 0.3107 M।

৭. 25°C তাপমাত্রায় পৃথকভাবে 0.65 M ঘনমাত্রার $CuSO_4$ দ্রবণ ও অজ্ঞাত মাত্রার $CuSO_4$ দ্রবণকে নিচে একই ঘনমাত্রার $ZnSO_4$ দ্রবণ ব্যবহার করে দুটি গ্যালভানিক কোষ গঠন করা হলো। জানা ঘনমাত্রার কোষটির তড়িচ্চালক বলের মান অপরটি অপেক্ষা 0.035 V বেশি। অজ্ঞাত মাত্রার $CuSO_4$ দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয় কর। **উত্তর :** 0.0425 M।

৮. কপার ধাতুর প্রমাণ বিজারণ বিভবের মান, $E°_{Cu2+/Cu} = +0.34$ V। দ্রবণে Cu^{2+} আয়নের ঘনমাত্রা কত হলো তড়িৎদ্বারের বিজারণ বিভবের মান শূন্য হবে। **উত্তর :** 3.119×10^{-12} M।

মুক্ত শক্তির পরিবর্তন নির্ণয় :

১. নিচে দুটি অর্ধকোষ বিক্রিয়ার প্রমাণ বিজারণ বিভবের মান দেওয়া হলো :
(i) $Ag^+ + e \longrightarrow Ag$; $E° = +0.80$ V; (ii) $Fe^{2+} + 2e \rightarrow Fe$; $E° = -0.44$ V
$2\,Ag^+_{(aq)} + Fe_{(s)} \longrightarrow 2\,Ag_{(s)} + Fe^{2+}_{(aq)}$ বিক্রিয়াটির প্রমাণ মুক্ত শক্তির পরিবর্তনের মান গণনা কর। [**উত্তর :** – 239.32 kJ]

২. নিচে দুটি অর্ধকোষ বিক্রিয়ার প্রমাণ বিজারণ বিভবের মান দেওয়া হলো :
(i) $Ni^{2+} + 2e \rightarrow Ni$; $E° = -0.25$ V; (ii) $Cu^{2+} + 2e \longrightarrow Cu$; $E° = +0.337$ V
$Ni_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + Cu_{(s)}$ বিক্রিয়াটির প্রমাণ মুক্ত শক্তির পরিবর্তনের মান গণনা কর। [**উত্তর :** – 113.29 kJ]

৩. যদি $E°_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76$ V এবং $E°_{Cu^{2+}/Cu} = +0.337$ V হয়, তবে $Zn(s) / Zn^{2+}(aq) \parallel Cu^{2+}(aq) / Cu(s)$ গ্যালভানিক কোষ থেকে প্রাপ্ত সর্বাধিক কাজের মান নির্ণয় কর। [**উত্তর :** 211.721 kJ]

৪. যদি $E°_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76$ V এবং $E°_{Ag^+/Ag} = 0.799$ V হয়, তবে $Zn(s) / Zn^{2+}(aq) \parallel Ag^+(aq) / Ag(s)$ গ্যালভানিক কোষ থেকে প্রাপ্ত সর্বাধিক কাজের মান নির্ণয় কর। [**উত্তর :** 300.887 kJ]

বিক্রিয়ার স্বতঃস্ফূর্ততা নির্ণয় :

১. দুটি অর্ধকোষ বিক্রিয়া এবং তাদের প্রমাণ বিজারণ বিভবের মান নিচে উল্লেখ করা হলো :
(i) $Ni^{2+} + 2e \rightarrow Ni$; $E° = -0.25$ V; (ii) $Ag^+ + e \rightarrow Ag$, $E° = +0.80$ V
$2\,Ag^+ + Ni \rightarrow 2\,Ag + Ni^{2+}$ বিক্রিয়াটি সম্ভব কিনা ব্যাখ্যা কর। [**উত্তর :** বিক্রিয়াটি সম্ভব]

২. দুটি অর্ধকোষ বিক্রিয়া এবং তাদের প্রমাণ বিজারণ বিভবের মান নিচে দেওয়া হলো :
(i) $Sn^{2+} + 2e \rightarrow Sn$, $E° = -0.136$ V; (ii) $Hg^{2+} + 2e \rightarrow Hg$, $E° = +0.79$ V
$Sn^{2+}_{(aq)} + Hg_{(l)} \rightarrow Sn_{(s)} + Hg^{2+}_{(aq)}$ বিক্রিয়াটি সম্ভব কিনা ব্যাখ্যা কর। [**উত্তর :** বিক্রিয়া সম্ভব নয়]

৩. দুটি অর্ধকোষ বিক্রিয়া এবং তাদের প্রমাণ বিজারণ বিভবের মান নিচে দেওয়া হলো :
(i) $Ag^+ + e \rightarrow Ag$, $E° = +0.80$ V; (ii) $Pb^{2+} + 2e \rightarrow Pb$; $E° = -0.13$ V
$Pb_{(s)} + 2\,Ag^+_{(aq)} \rightarrow Pb^{2+}_{(aq)} + 2\,Ag_{(s)}$ বিক্রিয়াটি সম্ভব কিনা ব্যাখ্যা কর। [**উত্তর :** বিক্রিয়াটি সম্ভব]

সাম্যধ্রুবক নির্ণয় :

১. $Zn_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + Cu_{(s)}$ এ কোষ বিক্রিয়াটির ক্ষেত্রে 25 °C তাপমাত্রায় প্রমাণ EMF মান + 1.10V। এ বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবকের মান গণনা কর। [**উত্তর :** 1.678×10^{37}]

২. $Zn_{(s)}/Zn$ (0.01 M) $\parallel Fe^{2+}$(0.005 M) / $Fe_{(s)}$ কোষটির 25 °C তাপমাত্রায় EMF এর মান 0.295 V হলে এ কোষে সংঘটিত বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবকের মান নির্ণয় কর। [**উত্তর :** 9.6178×10^{10}]

৩. $2\,Cu^+_{(aq)} \rightarrow Cu_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)}$ কোষ বিক্রিয়ার 25 °C তাপমাত্রায় প্রমাণ EMF এর মান + 0.36 V। বিক্রিয়াটির সাম্যধ্রুবকের মান নির্ণয় কর। [**উত্তর :** 1.234×10^6]

৪. $Ni_{(s)}$ / Ni^{2+} (0.15 M) $\parallel Ag^+$(0.2 M) / $Ag_{(s)}$; প্রমাণ অবস্থায় কোষটির EMF মান + 1.066V হলে এ কোষ বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবকের মান নির্ণয় কর। [**উত্তর :** 4.4512×10^{36}]

৫. $2\,Fe^{3+}_{(aq)} + 3I^-_{(aq)} \rightleftharpoons 2\,Fe^{2+}_{(aq)} + I_3^-{}_{(aq)}$ এ কোষ বিক্রিয়াটির যে তড়িৎ রাসায়নিক কোষে সংঘটিত হয় ঐ তড়িৎ রাসায়নিক কোষের সাম্যধ্রুবকের মান নির্ণয় কর। দেওয়া আছে $E°_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} = +0.77$ V ও $E°_{I_3^-/I^-} = 0.54$ V।

৪.১৩ তড়িৎদ্বার ও এর প্রকারভেদ (Electrode & its Classifications)

তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহীতে তড়িৎ বিশ্লেষণ করলে তাদের ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়ন দ্বারা তড়িৎ পরিবাহিত হয়। তবে তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় বিগলিত বা দ্রবীভূত তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্যে দুটি ধাতব পরিবাহী অথবা গ্রাফাইটের দণ্ড নিমজ্জিত করা হয়। এ দণ্ডদ্বয়কে তড়িৎদ্বার বলে। এ তড়িৎদ্বার দুটির একটি দিয়ে ইলেকট্রন ব্যাটারি হতে দ্রবণে প্রবেশ করে এবং অন্যটি দিয়ে ইলেকট্রন দ্রবণ হতে বের হয়ে যায়। যে তড়িৎদ্বারটি ব্যাটারির ঋণাত্মক (– Ve) প্রান্তের সাথে যুক্ত থাকে এবং

যার মাধ্যমেই ইলেকট্রন ব্যাটারি থেকে দ্রবণে প্রবেশ করে তাকে ঋণাত্মক তড়িৎদ্বার বা ক্যাথোড বলে। অন্যদিকে যে তড়িৎদ্বার ব্যাটারির ধনাত্মক (+ Ve) প্রান্তের সাথে যুক্ত থাকে এবং যার মাধ্যমে ইলেকট্রন দ্রবণ ছেড়ে চলে যায়, তাকে ধনাত্মক তড়িৎদ্বার বা অ্যানোড বলে।

তড়িৎ রাসায়নিক কোষ তৈরির ক্ষেত্রে তড়িৎদ্বারের ভূমিকা অনস্বীকার্য। উভমুখী কোষ তৈরিতে যেসব তড়িৎদ্বার প্রয়োজন, তাদেরকে উভমুখী তড়িৎদ্বার বলে। উভমুখী তড়িৎদ্বারকে সাধারণত তিন শ্রেণিতে ভাগ করা হয়ে থাকে।

প্রথম শ্রেণির তড়িৎদ্বার : এ শ্রেণির তড়িৎদ্বারকে পুনরায় দুটি উপশ্রেণিতে ভাগ করা হয়ে থাকে।

(ক) ধাতু-ধাতব আয়ন তড়িৎদ্বার : এ জাতীয় তড়িৎদ্বারের ক্ষেত্রে একটি ধাতব দণ্ড এবং একই ধাতুর আয়নের দ্রবণের থাকে। একে M / M^{n+} এভাবে প্রকাশ করা হয়। এখানে M ধাতু M^{n+} ধাতব আয়ন এবং n ধাতুর আয়নের জারণ অবস্থার সংখ্যা মান।

এ তড়িৎদ্বারের অর্ধকোষ বিক্রিয়া : $M \rightleftharpoons M^{n+} + ne$



চিত্র ৪.১৭ : ধাতু-ধাতব আয়ন তড়িৎদ্বার

বাস্তব উদাহরণ হিসেবে জিঙ্ক ধাতুর সংস্পর্শে দ্রবণীয় Zn ধাতুর লবণ, লোহার সংস্পর্শে দ্রবণীয় লোহার লবণ, Cu ধাতুর সংস্পর্শে দ্রবণীয় Cu ধাতুর লবণ ইত্যাদি। যেমন– Zn / Zn^{2+}, Fe / Fe^{2+}, Cu / Cu^{2+} ইত্যাদি।

Zn / Zn^{2+} এর ক্ষেত্রে : $Zn \rightleftharpoons Zn^{2+} + 2e$

Fe / Fe^{2+} এর ক্ষেত্রে : $Fe \rightleftharpoons Fe^{2+} + 2e$

Cu / Cu^{2+} এর ক্ষেত্রে : $Cu \rightleftharpoons Cu^{2+} + 2e$

তবে এক্ষেত্রে, Na, Ca এর মতো অতি সক্রিয় ধাতুকে ব্যবহার করা যায় না। কারণ এসব ধাতু পানির সাথে বিক্রিয়া করে থাকে। তবে হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, হ্যালোজেনসহ বিভিন্ন অধাতব মৌল এ শ্রেণির তড়িৎদ্বার গঠন করে থাকে। এসব ক্ষেত্রে তড়িৎদ্বারের উপাদান তড়িৎ অপরিবাহী এবং গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে। তাই বৈদ্যুতিক সংস্পর্শের জন্য Pt বা অন্য কোনো অনাক্রমণীয় ধাতুর তার ব্যবহার করা হয়। যেমন A যদি একটি অধাতব মৌল এবং A^- এর আয়ন হয় তবে তড়িৎদ্বারের প্রকাশ Pt, A^- / A এবং বিক্রিয়া : $A^- \rightleftharpoons A + e$

এক্ষেত্রে Pt, তড়িৎদ্বার ও তড়িৎ কোষের অন্যান্য অংশের মধ্যে তড়িৎ সংযোগ স্থাপন করে।

(খ) অ্যামালগাম তড়িৎদ্বার : এক্ষেত্রে তড়িৎদ্বারটি উপরে উল্লিখিত তড়িৎদ্বারের অনুরূপ। এখানে ধাতুকে বিশুদ্ধ অবস্থায় ব্যবহার না করে একে পারদের মধ্যে দ্রবীভূত করে অ্যামালগাম তৈরি করে নেওয়া হয়। এসব ক্ষেত্রে অতি সক্রিয় ধাতু, যেমন Na কে ব্যবহার করা হয়। যেমন Na (পারদের মধ্যে / $Na^+(aq)$) এক্ষেত্রেও Pt তারকে বৈদ্যুতিক সংযোগের জন্য ব্যবহার করা হয়।

দ্বিতীয় শ্রেণির তড়িৎদ্বার : এ শ্রেণির তড়িৎদ্বারের ধাতুর সংস্পর্শে এর স্বল্প দ্রবণীয় লবণ এবং উক্ত লবণের সংস্পর্শে লবণের একই অ্যানায়নবিশিষ্ট কোনো দ্রবণীয় লবণের বা এসিডের দ্রবণ থাকে। যেমন– Ag / AgCl (s) / HCl (aq)

তড়িৎদ্বার বিক্রিয়া :	$Ag(s) \longrightarrow Ag^+ + e$
	$Ag^+ + Cl^- \longrightarrow AgCl(s)$
সমগ্র তড়িৎদ্বার বিক্রিয়া :	$Ag + Cl^- \longrightarrow AgCl(s) + e$

ক্যালোমেল তড়িৎদ্বার এ জাতীয় তড়িৎদ্বারের উৎকৃষ্ট উদাহরণ। তড়িৎদ্বারটি Pt, $Hg/Hg_2Cl_2(s)$ / KCl(aq)

তৃতীয় শ্রেণির তড়িৎদ্বার : এ শ্রেণির তড়িৎদ্বার কোনো নিষ্ক্রিয় ধাতু যেমন Au বা Pt কে এমন একটি দ্রবণের মধ্যে ডুবিয়ে প্রস্তুত করা হয় যে দ্রবণে একটি জারণ-বিজারণ সিস্টেমের জারিত ও বিজারিত উভয় অবস্থা থাকে। যেমন– (i) Sn^{4+} ও Sn^{2+}, (ii) Fe^{3+} ও Fe^{2+}

যেমন Pt, Sn^{2+} / Sn^{4+}; $Sn^{2+} \rightleftharpoons Sn^{4+} + 2e$ এবং Pt, Fe^{2+} / Fe^{3+} ; $Fe^{2+} \rightleftharpoons Fe^{3+} + e$

এরূপ তড়িৎদ্বারে হয় জারিত অবস্থার বিজারণ ঘটে, না হয় বিজারিত অবস্থার জারণ ঘটে। এক্ষেত্রে Pt বা Au বৈদ্যুতিক সংযোগ সৃষ্টির জন্য পরিবাহী হিসেবে কাজ করে।

এ তিন শ্রেণির তড়িৎদ্বার প্রকৃত অর্থে জারণ-বিজারণ তড়িৎদ্বার। এসব তড়িৎদ্বারের বিক্রিয়া উভয় দিক থেকে ঘটতে পারে।

নির্দেশক তড়িদ্দ্বার (Reference eletrodes) :

সাধারণভাবে একটি একক তড়িদ্দ্বারের ক্ষেত্রে, তড়িদ্দ্বার থেকে পরমাণু ইলেকট্রন ত্যাগ করে ধনাত্মক আয়ন হিসেবে দ্রবণে আসার প্রবণতা তড়িৎবিশ্লেষ্যের ধনাত্মক আয়ন ইলেকট্রন গ্রহণ করে তড়িদ্দ্বারে জমা হওয়ার প্রবণতা নির্ভর করে ধাতুর দ্রবণ চাপ ও তড়িৎবিশ্লেষ্য দ্রবণের অভিস্রবণ চাপের উপর। তড়িদ্দ্বারের দ্রবণ চাপ ও তড়িৎবিশ্লেষ্যের অভিস্রবণ চাপের পার্থক্য তড়িদ্দ্বার বিভবের সৃষ্টি করে। কোনো একটি একক তড়িদ্দ্বারের ক্ষেত্রে এককভাবে তড়িদ্দ্বার বিভব নির্ণয় করা সম্ভব নয়। কোনো একক তড়িদ্দ্বারের বিভবের মান নির্ণয়ের ক্ষেত্রে অবশ্যই অপর একটি জানা বিভব মান সম্পন্ন একটি তড়িদ্দ্বারের সাথে যুক্ত করে পূর্ণাঙ্গ তড়িৎ রাসায়নিক কোষ তৈরি করতে হয়। জানা বিভব মানসম্পন্ন তড়িদ্দ্বারটি হলো নির্দেশক তড়িদ্দ্বার। নির্দেশক তড়িদ্দ্বার ও পরীক্ষাধীন তড়িদ্দ্বারের সমন্বয়ে গঠিত তড়িৎ রাসায়নিক কোষটির বিভবের মান নির্ণয় করা হয়। এ কোষ বিভবের সাপেক্ষে পরীক্ষাধীন একক তড়িদ্দ্বারটির তড়িদ্দ্বার বিভবের মান নির্ধারণ করা হয়। নির্দেশক তড়িদ্দ্বার বিভবের মান নির্ধারণ করা হয়।

(ক) প্রাইমারি নির্দেশক তড়িদ্দ্বার (Primary reference electrode)

(খ) সেকেন্ডারি নির্দেশক তড়িদ্দ্বার (Secondary reference electrode)

(ক) প্রাইমারি নির্দেশক তড়িদ্দ্বার : প্রাইমারি নির্দেশক তড়িদ্দ্বার হিসেবে হাইড্রোজেন তড়িদ্দ্বারকে ব্যবহার করা হয়। এ বিষয়ে ৪.১১.৩ এ বিস্তারিত আলোচনা ইতিপূর্বেই করা হয়েছে।

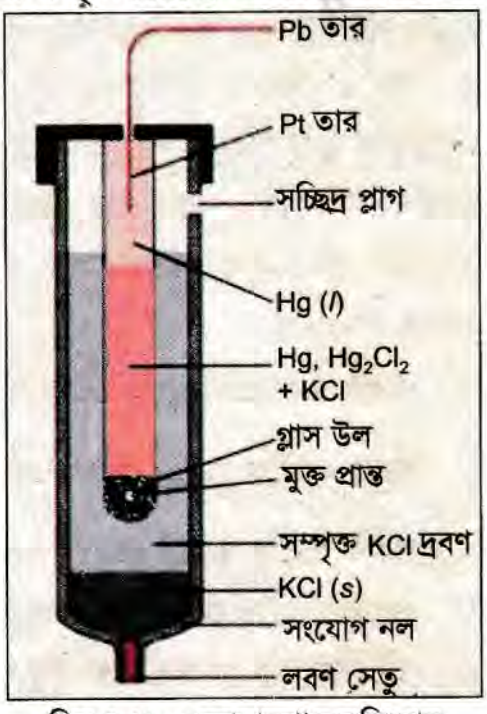
(খ) সেকেন্ডারি নির্দেশক তড়িদ্দ্বার : কোনো একক তড়িদ্দ্বারের তড়িদ্দ্বার বিভবের মান নির্ণয়ের ক্ষেত্রে নির্দেশক তড়িদ্দ্বার হিসেবে হাইড্রোজেন তড়িদ্দ্বারই উত্তম। কিন্তু হাইড্রোজেন তড়িদ্দ্বারের গঠন কাঠামো সঠিক রাখার ক্ষেত্রে প্রয়োজনীয় শর্তগুলো বেশ কঠিন। যেমন সরবরাহকৃত H_2 গ্যাসের চাপ 1 atm স্থির রাখা, দ্রবণে H^+ আয়নের ঘনমাত্রা 1.0 M স্থির রাখা, H_2 গ্যাসে বিদ্যমান সামান্য অপদ্রব্য দ্বারা অতি সহজে নিষ্ক্রিয় হয়ে পড়া এবং নাড়াচাড়া করা বেশ কষ্ট কর। এ কারণে ব্যবহারিক কাজের সুবিধার্থে সঠিক জানা মানসম্পন্ন ভিন্ন একটি নির্দেশ তড়িদ্দ্বারকে ব্যবহার করা হয়। এসব নির্দেশক তড়িদ্দ্বারের মান পূর্বেই হাইড্রোজেন তড়িদ্দ্বারের সাপেক্ষে নির্ধারণ করে নেয়া হয়। এজন্য এদেরকে সেকেন্ডারী নির্দেশক তড়িদ্দ্বার বলা হয়। উদাহরণস্বরূপ– ক্যালোমেল তড়িদ্দ্বার, কুইন-হাইড্রোন তড়িদ্দ্বার, সিলভার-সিলভার ক্লোরাইড তড়িদ্দ্বার, গ্লাস তড়িদ্দ্বার ইত্যাদি।

ক্যালোমেল তড়িদ্দ্বার (Calomel electrode) :

বেশ কয়েক ধরনের ক্যালোমেল তড়িদ্দ্বার রয়েছে। প্রত্যেক ক্ষেত্রে মারকারি (Hg), মারকিউরাস ক্লোরাইড (Hg_2Cl_2) দ্বারা সম্পৃক্ত KCl দ্রবণ সমন্বয়ে গঠিত।

তড়িদ্দ্বারটিকে প্রকশ করা হয় : $Pt.\ Hg|Hg_2Cl_{2(s)}|KCl_{(aq)}$

গঠন : একটি পরিস্কার কাচের পাত্রের মধ্যে প্রায় 2 mm পুরুত্বের একস্তর বিশুদ্ধ মারকারি (Hg) নাও। আবার একটি পাত্রের মধ্যে মারকিউরাস ক্লোরাইড (ক্যালোমেল), সামান্য মারকারি ও Hg_2Cl_2 দ্বারা সম্পৃক্ত KCl দ্রবণ নিয়ে লেই প্রস্তুত কর। প্রস্তুতকৃত লেইকে কাচ পাত্রের মধ্যে রাখা মারকারি স্তরের উপরে রাখ। পাত্রের উপরের দিকে $^1/_3$ অংশ খালি রেখে KCl দ্রবণ দ্বারা পূর্ণ করা। একটি সরু কাচনলের অগ্রভাগে একটি Pt তার যুক্ত করে তারের ভিতরের প্রান্ত কপার তারের সাথে যুক্ত কর। এ কপার তার সংযোগ তার হিসেবে কাজ করে। দুই ছিদ্র যুক্ত একটি কর্ক কাচের বোতলের মুখে এঁটে দাও। একটি ছিদ্রের মধ্যদিয়ে কাচনলের অগ্রভাগের Pt পাতকে মারকারির স্তর পর্যন্ত ডুবাও। অপর ছিদ্রটিকে লবণ সেতুর সংযোগ নলকে যুক্ত করার জন্য রেখে দাও।



চিত্র ৪.১৮ : অ্যামালগাম তড়িৎদ্বার

ক্যালোমেল তড়িদ্দ্বারের বিক্রিয়া : ক্যালোমেল তড়িদ্দ্বারটি যখন অ্যানোড তড়িদ্দ্বার হিসেবে কাজ করে :

$2Hg(l) \rightleftharpoons 2Hg^+(aq) + 2e$

$2Hg^+(aq) + 2Cl^-(KCl) \rightleftharpoons Hg_2Cl_2(l)$

$Hg_2Cl_2(s) + 2e \rightleftharpoons 2Hg(l) + 2Cl^-$

25°C তাপমাত্রায় ক্যালোমেল তড়িদ্দ্বারের তড়িদ্দ্বার বিভব,

$E = E_0 - 0.0591 \log_{10}[C] \quad = 0.2444 - 0.059 \log_{10}(C)$

ক্যালোমেল তড়িদ্দ্বারের সাথে যুক্ত লবণ সেতুর Cl^- আয়নের ঘনমাত্রা দ্বারা তড়িদ্দ্বারের বিভবের মান নির্ধারিত হয়।

৪.১৪ ব্যবহারিক : ধাতু-ধাতব আয়ন তড়িৎদ্বার গঠন (Metal-Metalion Electrode formation)

মূলনীতি : কোনো ধাতু বা ধাতব পাতকে এর তড়িৎ বিশ্লেষ্যে ডুবালে তড়িৎদ্বার বিভবের সৃষ্টি হয়। এক্ষেত্রে ধাতু তার ধাতব আয়ন হিসেবে দ্রবণে আয়নিত হতে চায়, এটি তার দ্রবণ চাপ। আবার বিপরীতভাবে দ্রবণের ধাতব আয়ন তড়িৎদ্বারে জমা হতে চায়, এটি তার অসমোটিক চাপ। এ দুই চাপের পার্থক্যই তড়িৎদ্বার বিভব।

যদি ধাতব পাতের দ্রবণ চাপ অসমোটিক চাপ অপেক্ষা বড় হয় তবে পাত থেকে ধাতু ধাতব আয়ন হিসেবে দ্রবণে দ্রবীভূত হবে। সে ক্ষেত্রে এটি জারণ তড়িৎদ্বার। আর যদি দ্রবণ চাপ অসমোটিক চাপ অপেক্ষা ছোট হয় তবে দ্রবণ থেকে ধাতব আয়ন ধাতব পাতের গায়ে জমা হবে। তখন তড়িৎদ্বারটি হবে বিজারণ তড়িৎদ্বার। অর্থাৎ, দ্রবণ চাপ > অসমোটিক চাপ = জারণ তড়িৎদ্বার। দ্রবণ চাপ < অসমোটিক চাপ = বিজারণ তড়িৎদ্বার।

যন্ত্রপাতি : 250 mL আয়তনের বিকার, সংযোগ তার, ছোট কাঠি বা প্লাস্টিকের পরিত্যক্ত কলম।

রাসায়নিক দ্রব্য : ধাতব পাত (ধাতব পাত হিসেবে Cu, Zn, Al, Ag যেকোনো ধাতুর পাতকে বেছে নিতে পার), ধাতব পাতের সংশ্লিষ্ট ধাতুর লবণ, লঘু H_2SO_4।

কাজের ধারা :

১. সুবিধাজনক একটি লম্বা, পুরু ও চওড়া তামার পাত নাও। পাতের অগ্রভাগে সংযোগ তার যুক্ত কর।

২. বিকারের মধ্যে 150 mL তুঁতের দ্রবণ নাও। দ্রবণ 1.0 M বা তার কাছাকাছি হলে ভালো হয়।

৩. বিকারের দ্রবণের মধ্যে 2–8 ফোঁটা লঘু H_2SO_4 যোগ কর।

৪. কাঠি বা পরিত্যক্ত কলমের মাঝে পাতটিকে বেঁধে বিকারের দ্রবণের মধ্যে পাতটিকে আংশিকভাবে ডুবাও। ধাতু-ধাতব আয়ন তড়িৎদ্বার গঠিত হলো।

৪.১৫ শিক্ষার্থীর কাজ : কোষ গঠন করে রাসায়নিক শক্তিকে বিদ্যুৎশক্তিতে রূপান্তর

মূলনীতি : একটি ধাতব দণ্ড ও ঐ একই ধাতুর ধাতব আয়নের দ্রবণ এবং ভিন্ন প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভব যুক্ত অপর একটি ধাতু ও ঐ একই ধাতুর ধাতব আয়নের দ্রবণের মধ্যে ডুবিয়ে দুটি ভিন্ন তড়িৎদ্বার গঠন করা হয়। এ তড়িৎদ্বার দুটির ধাতব পাত্রকে পরিবাহী তার দ্বারা যুক্ত করে দুটি তড়িৎ বিশ্লেষ্যকে লবণ সেতু দ্বারা যুক্ত করা হলে পূর্ণ তড়িৎ রাসায়নিক কোষ সৃষ্টি হয়। সৃষ্ট এ কোষের রাসায়নিক শক্তি বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়ে থাকে যার অস্তিত্ব পরিবাহী তারের সাথে যুক্ত মাল্টিমিটার দ্বারা পরিমাপ করা হয়ে থাকে।

রাসায়নিক উপকরণ : দস্তার পাত, তামার পাত, $ZnSO_4$, $CuSO_4$, KNO_3 বা KCl বা NH_4Cl।

যন্ত্রপাতি : দুটি বিকার, সংযোগ তার, মাল্টিমিটার, সংযোগ নল।

পদ্ধতির বর্ণনা :

১. নির্দিষ্ট ঘনমাত্রার $ZnSO_4$ ও $CuSO_4$ দ্রবণ প্রস্তুত কর এবং প্রস্তুতকৃত দ্রবণকে দুটি বিকারে ভিন্ন ভিন্নভাবে নাও।

২. দস্তার পাতকে $ZnSO_4$ দ্রবণে এবং তামার পাতকে $CuSO_4$ দ্রবণে $\frac{2}{3}$ অংশ নিমজ্জিত কর।

৩. দস্তার পাত ও তামার পাতকে পরিবাহী তার দ্বারা যুক্ত কর। এ পরিবাহী তারের সংযোগে মাল্টিমিটার সংযুক্ত কর।

৪. সংযোগ নলের মধ্যে KNO_3 বা KCl বা NH_4Cl লবণকে আগার মিশ্রিত জেলের সাথে মিশিয়ে নল পূর্ণ করে নলকে দুটি বিকারের দ্রবণের মধ্যে যুক্ত করে দাও। এটিই সল্ট ব্রিজ।

৫. বর্তনী পূর্ণ করে তড়িচ্চালক বল নির্ণয় কর। মাল্টিমিটারের পাঠ সঠিকভাবে দেখে নাও।

সাবধানতা : দস্তার পাত ও তামার পাত দুটি পরিষ্কার করে নেওয়া প্রয়োজন। আগে সল্ট ব্রিজের সংযোগ দিয়ে পরে সংযোগ তারের সংযোগ দিতে হয়।

ধাতুর ক্ষয় (Corrosion of Metal) : ধাতুকে এসিডে ডুবালে বা ধাতুকে তার তড়িৎ বিশ্লেষ্যের দ্রবণে সংস্পর্শে রাখলে জারণ তড়িদদ্বার হিসেবে ব্যবহৃত ধাতুর ক্ষয় হয়। আবার কোনো কোনো ধাতুকে দীর্ঘদিন মুক্তভাবে পরিবেশে রেখে দিলে বায়ুমণ্ডলের বিভিন্ন উপাদানের প্রভাবে ঐ ধাতুর পৃষ্ঠতলের উপর ধাতুর অক্সাইড বা অন্যান্য লবণের আস্তরণের সৃষ্টি হয়। প্রকৃতপক্ষে ধাতুর অক্সাইড, কার্বনেট, সালফাইড প্রভৃতি যৌগ গঠন করে।



চিত্র ৪.১৯ : রাসায়নিক শক্তিকে বিদ্যুৎশক্তিতে রূপান্তর

উদাহরণস্বরূপ : লোহার উপর মরিচা পড়া, তামার উপর সবুজ দাগ পড়া, রূপার উপর কালো দাগ পড়া, লেড ধাতুর উপর আস্তরণের সৃষ্টি হওয়া। এ সব প্রক্রিয়াতেই ধাতু ধীরে ধীরে ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। এ প্রক্রিয়াকে ধাতুর ক্ষয় বলে। অধিক সক্রিয় ধাতুর এ প্রবণতা অধিক হয়। ধাতুর মধ্যে অপদ্রবের উপস্থিতি, ধাতুর বিকৃতি, বায়ুমণ্ডলের আর্দ্রতা ও তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থের উপস্থিতি ধাতুর ক্ষয় প্রক্রিয়াকে ত্বরান্বিত করে।

বিভিন্ন জাতীয় পেইন্টিং, রং, গ্রীজ, তেল, বার্নিশ, দস্তা লেপন (galvanization), অধিক সক্রিয় ধাতু, মরিচারোধী দ্রবণ ব্যবহার করে ধাতুর ক্ষয়রোধ করা হয়।

৪.১৬ এক ও দুই প্রকোষ্ঠবিশিষ্ট তড়িৎ রাসায়নিক কোষ (ইলেকট্রোলাইটিক ও গ্যালভানিক)

(Electro Chemical Cell with Single & Double Chember)

৪.১৬.১ এক প্রকোষ্ঠবিশিষ্ট ইলেকট্রোলাইটিক তড়িৎ রাসায়নিক কোষ

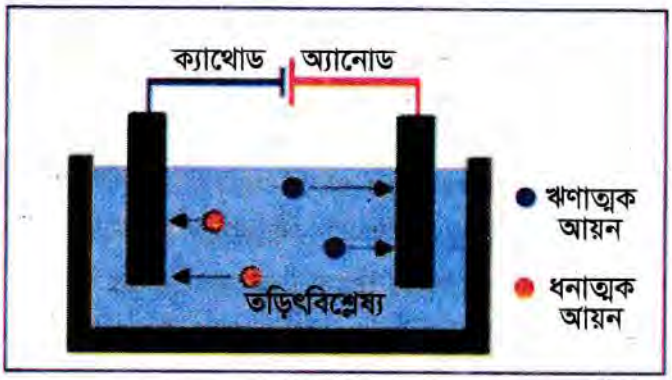
যে কোষে একটি বিগলিত বা দ্রবীভূত তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের মধ্যে বাহ্যিক উৎস থেকে তড়িৎ প্রবাহিত করলে পদার্থটি বিশ্লেষিত হয়ে একাধিক নতুন পদার্থে পরিণত হয় তাকে ইলেকট্রোলাইটিক কোষ বলে। এ জাতীয় কোষে তড়িৎ প্রবাহ দ্বারা রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে এবং এক্ষেত্রে তড়িৎশক্তি রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

যে পদার্থের জলীয় দ্রবণের মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হলে রাসায়নিক বিয়োজন ঘটে তাকে তড়িৎ বিশ্লেষ্য এবং তড়িৎ বিশ্লেষ্যের দ্রবণের মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহ চালনার ফলে যে রাসায়নিক বিয়োজন ঘটে তাকে তড়িৎ বিশ্লেষণ বলা হয়। যে বিদ্যুৎ কোষে এ তড়িৎ বিশ্লেষণ ঘটানো হয়, তাকে ইলেকট্রোলাইটিক তড়িৎ রাসায়নিক কোষ বলা হয়।

তড়িৎ বিশ্লেষ্যের দ্রবণের মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করলে তা বিয়োজিত হয়। তড়িৎ প্রবাহ বন্ধ করলে এ বিয়োজন থেমে যায়। এক্ষেত্রে তড়িৎ বিশ্লেষ্যের বিয়োজনের পরিমাণের সাথে তড়িৎ প্রবাহের পরিমাণের একটি সম্পর্ক আছে, যা ফ্যারাডের সূত্রকে অনুসরণ করে। এ কোষে তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় গলিত বা দ্রবীভূত তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্যে সরাসরি বিদ্যুৎ প্রবাহ প্রয়োগ করা যায় না। এজন্য অবশ্যই একটি তড়িৎ বর্তনী গঠন করতে হয়। কোষের তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্যে দুটি ধাতব পাত নিমজ্জিত করা হয়। এ দণ্ডকে তড়িৎদ্বার বলে। যে তড়িৎদ্বারটিকে ব্যাটারির ঋণাত্মক প্রান্তের সাথে যুক্ত করা হয় তাকে ক্যাথোড তড়িৎদ্বার বলা হয়। এর মাধ্যমেই ইলেকট্রন ব্যাটারি থেকে দ্রবণে প্রবেশ করে। আর যে তড়িৎদ্বারটি ব্যাটারির ধনাত্মক প্রান্তের সাথে যুক্ত করা হয় তাকে অ্যানোড তড়িৎদ্বার বলা হয়। এ তড়িৎদ্বারের মাধ্যমেই ইলেকট্রন দ্রবণ ছেড়ে চলে যায়।

দ্রবণে বা গলিত অবস্থায় ইলেকট্রোলাইটের দুটি আয়ন থাকে। একটি ধনাত্মক আয়ন, ক্যাটায়ন ও অপরটি ঋণাত্মক আয়ন, অ্যানায়ন। ইলেকট্রোলাইট কোষে ক্যাটায়ন ক্যাথোড কর্তৃক আকৃষ্ট হয় এবং অ্যানায়ন অ্যানোড কর্তৃক আকৃষ্ট হয়।

গলিত NaCl দ্রবণে Na^+ আয়ন ও Cl^- আয়ন থাকে। অ্যানোড ও ক্যাথোড তড়িৎদ্বারদ্বয়কে ব্যাটারির সাথে সংযুক্ত করে তড়িৎ প্রবাহিত করলে অ্যানোডে ক্লোরাইড আয়ন, Cl^- ইলেকট্রন ত্যাগ করে Cl_2 গ্যাসে পরিণত হয়। একই সময়ে Na^+ আয়ন ক্যাথোডে তড়িৎ থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করে Na ধাতুতে পরিণত হয়।



চিত্র ৪.২০ : এক প্রকোষ্ঠবিশিষ্ট তড়িৎ রাসায়নিক কোষ

$$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$$

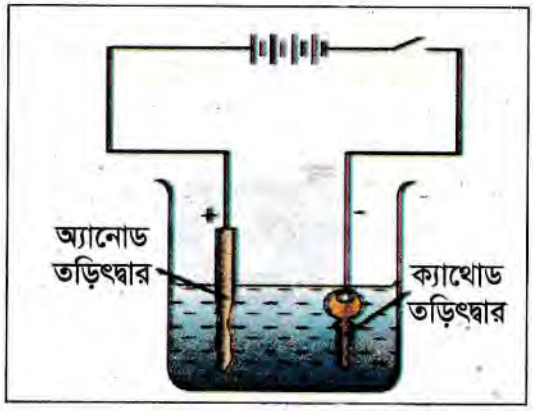
অ্যানোড তড়িৎদ্বারে : $Cl^- \longrightarrow \frac{1}{2} Cl_2 + e$ (জারণ ক্রিয়া)

ক্যাথোড তড়িৎদ্বারে : $Na^+ + e \longrightarrow Na$ (বিজারণ ক্রিয়া)

তড়িৎ প্রবাহের ফলে অ্যানোড থেকে ইলেকট্রন বেরিয়ে বাহ্যিক তারের মধ্যদিয়ে ক্যাথোডে স্থানান্তরিত হয়। দ্রবণের ক্যাটায়ন ক্যাথোড তড়িৎদ্বারে পৌঁছে ইলেকট্রনকে গ্রহণ করে তার চার্জ প্রশমিত করে। যেহেতু ক্যাটায়নগুলো সাধারণত ধনাত্মক চার্জযুক্ত ধাতব আয়ন, তাই চার্জ প্রশমিত হলে ক্যাথোড তড়িৎদ্বারে ধাতু জমা হয়।

তড়িৎ প্রলেপন (Electroplating) : এক প্রকোষ্টবিশিষ্ট ইলেকট্রোলাইটিক তড়িৎ রাসায়নিক কোষের মধ্যে তড়িৎ প্রলেপন প্রক্রিয়াটি সম্পন্ন করা হয়। তড়িৎ বিশ্লেষণের মাধ্যমে দ্রুত ক্ষয় প্রাপ্ত ধাতুর উপর ক্ষয়রোধী ধাতুর আস্তর দেওয়া হয়। তড়িৎবিশ্লেষ্য হিসেবে দ্রবণীয় Ni-লবণের ঘন দ্রবণকে ব্যবহার করা হয়। অ্যানোড তড়িদ্দ্বার হিসেবে ভেজাল যুক্ত Ni ধাতুর পাতকে এবং ক্যাথোড তড়িদ্দ্বার হিসেবে দ্রুত ক্ষয়কারী ধাতুর দ্রব্যকে ব্যবহার করা হয়। ক্ষয়কারী ধাতু যেমন- লোহার তৈরি বিভিন্ন দ্রব্য, চামচ, মগ, শোপিছ, ঘড়ির চেইন, অ্যাঙ্গেল, রড, কৃত্রিম গহনা ইত্যাদি দ্রব্যকে ব্যবহার করা হয়।

অ্যানোড ও ক্যাথোড তড়িদ্দ্বার ব্যবহার করে উৎস থেকে তড়িৎ প্রবাহ তড়িৎবিশ্লেষ্য দ্রবণের মধ্যে চালনা করলে দ্রব্যের উপর Ni ধাতুর প্রলেপ পড়ে।



চিত্র ৪.২১ : তড়িৎ প্রলেপন

তড়িৎবিশ্লেষ্যের বিয়োজন :

$$Ni(NO_3)_2 \rightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + 2NO_3^-{}_{(aq)}$$

অ্যানোড তড়িদ্দ্বারে : $Ni_{(s)} \rightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + 2e$

ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারে : দ্রব্য + Ni^{2+} + $2e \rightarrow$ দ্রব্যের উপর Ni ধাতুর প্রলেপ।

চিন্তা করে উত্তর দাও – ৪.১৬ :

১. তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষের অ্যানোড ধনাত্মক তড়িৎদ্বার এবং ক্যাথোড ঋণাত্মক তড়িৎদ্বার কেন?

২. ব্যাটারি হতে প্রবাহিত বিদ্যুৎ শক্তির পরিমাণের উপর তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের বিয়োজন নির্ভর করে কেন?

শিল্পে তড়িৎ বিশ্লেষণের ব্যবহার : সারা পৃথিবী জুড়েই শিল্পের প্রসার ঘটছে। শিল্পায়নের যুগে তড়িৎ বিশ্লেষণ প্রক্রিয়া কত বড় ভূমিকা রেখেছে তা ব্যাখ্যা করে শেষ করার মতো নয়। আকরিক থেকে ধাতু নিষ্কাশন, উৎপাদিত ধাতুকে তড়িৎ বিশ্লেষণ করে ভেজালমুক্ত করা, ক্ষয়প্রাপ্ত ধাতুগুলোকে সুরক্ষা করা, মরিচার হাত থেকে লোহাকে সুরক্ষা করা, সস্তা ধাতুর উপর মূল্যবান ধাতুর প্রলেপ দিয়ে সৌন্দর্য বৃদ্ধি করা সব ক্ষেত্রেই তড়িৎ বিশ্লেষণ গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে থাকে।

শিল্পক্ষেত্রে তড়িৎ বিশ্লেষণের প্রয়োগের কিছু পদ্ধতি ব্যাখ্যা করা হলো :

(ক) ধাতু নিষ্কাশন : খাদ্যলবণ থেকে অতিশয় সক্রিয় ধাতু Na কে তড়িৎ বিশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় পৃথক করা হয়। খাদ্য লবণকে নিয়ে বিগলিত করে অ্যানোড ও ক্যাথোড তড়িদ্দ্বার ব্যবহার করে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করা হয়। ফলে ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারে Na ধাতু ও অ্যানোড তড়িদ্দ্বারে Cl_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$NaCl(s) \rightleftharpoons Na^+(aq) + Cl^-(aq)$

ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারে : $Na^+ + e \longrightarrow Na$

অ্যানোড তড়িদ্দ্বার : $Cl^- - e \longrightarrow \frac{1}{2} Cl_2$

একই প্রক্রিয়ায় অন্যসব ক্ষারধাতু ও মৃৎক্ষার ধাতুর হ্যালাইড যৌগ থেকে ধাতুকে তড়িৎ বিশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় পৃথক করা যায়।

(খ) কস্টিক সোডার উৎপাদন : সোডিয়াম ক্লোরাইডের সম্পৃক্ত দ্রবণ বা ব্রাইন দ্রবণের মধ্যে অ্যানোড ও ক্যাথোড তড়িদ্দ্বার ব্যবহার করে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করা হয়। এক্ষেত্রে ক্যাথোড তড়িদ্দ্বার হিসেবে মারকারিকে ব্যবহার করা হয়।

দ্রবণের মধ্যে : $NaCl(s) \rightleftharpoons Na^+(aq) + Cl^-(aq)$

অ্যানোড তড়িৎদ্বারে : $Cl^- \longrightarrow \frac{1}{2} Cl_2 + e$ (জারণ)

ক্যাথোড তড়িৎদ্বারে : $Na^+ + Hg + e \longrightarrow NaHg$ (বিজারণ)
(সোডিয়াম অ্যামালগাম)

উৎপন্ন সোডিয়াম অ্যামালগাম (NaHg) পানির সংস্পর্শে এসে নিজে বিয়োজিত হয় এবং NaOH উৎপন্ন করে।

$2NaHg + 2H_2O \longrightarrow 2Na^+ + 2Hg + 2e + 2H^+ + 2OH^- \longrightarrow 2NaOH(aq) + H_2(g) + Hg(l)$

এ প্রক্রিয়াতে উপজাত হিসেবে H_2 গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং Hg বিমুক্ত হয়ে পুনরায় বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণের জন্য প্রস্তুত হয়।

(গ) ধাতুর বিশুদ্ধকরণ (Refining of Metal) : আকরিক থেকে ধাতু নিষ্কাশনের পর প্রাপ্ত ধাতুর মধ্যে যথেষ্ট পরিমাণে ভেজাল থেকে যায়। ভেজালযুক্ত ধাতুকে তড়িৎ বিশ্লেষণ করে বিশোধন করা হয়। কপার (Cu), জিঙ্ক (Zn), লেড (Pb), অ্যালুমিনিয়াম (Al), সিলভার (Ag), গোল্ড (Au) প্রভৃতি ধাতুকে এ প্রক্রিয়ার মাধ্যমে বিশোধন করে বিশুদ্ধ ধাতুতে পরিণত করা হয়। ব্যবহারিক ক্ষেত্রে অতি বিশুদ্ধ ধাতুর প্রয়োজনীয়তা খুবই ব্যাপক। বৈদ্যুতিক তার হিসেবে কপার (Cu) এবং এবং অ্যালুমিনিয়াম (Al) এর ব্যবহার ব্যাপক। তড়িৎ বিশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় ভেজালযুক্ত কপারকে বিশুদ্ধ কপারে পরিণত করা হয়।

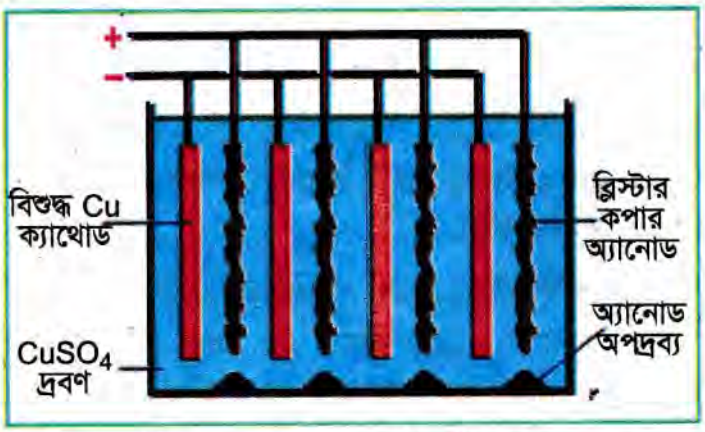
কপারের তড়িৎ বিশোধন : তড়িৎ কোষের মধ্যে তড়িৎবিশ্লেষ্য হিসেবে লঘু H_2SO_4 যুক্ত $CuSO_4$ দ্রবণ নাও। বিশুদ্ধ কপারের পাতলা পাতকে ক্যাথোড তড়িদ্দ্বার হিসেবে এবং ভেজালযুক্ত কপারের মোটা পুরু পাতকে অ্যানোড তড়িদ্দ্বার হিসেবে ব্যবহার কর। উৎস থেকে তড়িৎ প্রবাহ চালনা কর। অ্যানোড তড়িদ্দ্বারের কপার পরমাণু Cu^{2+} আয়ন হিসেবে দ্রবণে চলে আসে। দ্রবণের Cu^{2+} আয়ন ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারে কপার ধাতু হিসেবে জমা হতে থাকবে।

দ্রবণের মধ্যে : $CuSO_4(s) \rightleftharpoons Cu^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)$

অ্যানোড তড়িদ্দ্বারে : $Cu(s) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + 2e$ (জারণ)

ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারে : $Cu^{2+}(aq) + 2e \rightarrow Cu(s)$ (বিজারণ)

অ্যানোড তড়িদ্দ্বারের ভেজাল ধাতু যেমন Zn, Fe, Ag এগুলোও জারিত হয়ে দ্রবণে আয়ন হিসেবে চলে আসবে। কম ভোল্টেজ পরিচালনা করে দ্রবণে Fe^{2+} ও Zn^{2+} আয়নকে দ্রবণের মধ্যে দ্রবীভূত অবস্থায় রাখা হয়। দ্রবণের মধ্যে 2-8 ফোটা লঘু HCl যোগ করে ভেজাল Ag^+ আয়নকে AgCl হিসেবে অধঃক্ষিপ্ত করে নিলে ভালো হয়। ক্যাথোড তড়িদ্দ্বার থেকে বিশুদ্ধ কপার ধাতুকে সংগ্রহ করা হয়।



চিত্র ৪.২২ : কপারের তড়িৎ বিশোধন

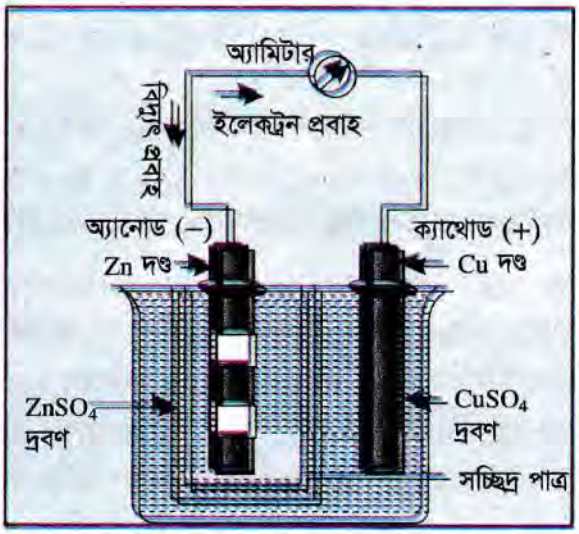
তড়িৎ বিশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় বিশুদ্ধ বক্সাইট ($Al_2O_3.2H_2O$) আকরিক থেকে অ্যালুমিনিয়াম এবং প্রাপ্ত অ্যালুমিনিয়াম ধাতুকে তড়িৎ বিশোধন করে নেওয়া হয়।

(ঘ) তড়িৎ প্রলেপন (Electroplating) : তড়িৎ বিশ্লেষণ প্রক্রিয়ার মূলনীতিকে কাজে লাগিয়ে কোনো ধাতুর উপর ভিন্ন অপর কোনো ধাতু প্রলেপ দেওয়ার প্রক্রিয়াকে তড়িৎ প্রলেপন বলা হয়। এতে উপাদান বস্তুর স্থায়িত্ব যেমন বেড়ে যায় পাশাপাশি সৌন্দর্যও বেড়ে যায়। সাধারভাবে নিকেল (Ni) ও ক্রোমিয়াম (Cr) ধাতুর প্রলেপ দেওয়া হয়।

৪.১৬.২ | দুই প্রকোষ্ঠবিশিষ্ট তড়িৎ রাসায়নিক কোষ বা গ্যালভানিক কোষ

যে কোষে স্বতঃস্ফূর্ত জারণ বিজারণ বিক্রিয়ার মাধ্যমে বিদ্যুৎ উৎপাদন করা হয়, তাকে গ্যালভানিক কোষ বলা হয়। এ কোষে রাসায়নিক শক্তিকে বৈদ্যুতিক শক্তিতে রূপান্তরিত করা হয়। দুটি তড়িৎদ্বারকে কোনো উপযুক্ত তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণে নিমজ্জিত করে তাদেরকে বাহ্যিকভাবে তড়িৎ পরিবাহী ধাতব তার দ্বারা সংযুক্ত করলে তড়িৎ রাসায়নিক কোষ উৎপন্ন হয়। এ সংযোগের ফলে কোষের অভ্যন্তরে তড়িৎদ্বারগুলোর পৃষ্ঠতলে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে। এক তড়িৎদ্বার হতে ইলেকট্রন অন্য তড়িৎদ্বারে স্থানান্তর ঘটে এবং বিদ্যুৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয়। কোষের বর্তনী খুলে দেওয়ার পর তড়িৎদ্বার দুটির মধ্যে যে বিভব পার্থক্য দেখা যায়, তাকে কোষের তড়িচ্চালক বল (EMF) বলে। এ বলের মান কোষের অভ্যন্তরে তড়িৎদ্বারের রাসায়নিক পরিবর্তনের মাত্রার উপর নির্ভর করে। গ্যালভানিক কোষের একটি উদাহরণ হলো ড্যানিয়েল কোষ।

ড্যানিয়েল কোষের গঠন ও কার্যপদ্ধতি : একটি বড় কাচ পাত্রের $CuSO_4$ দ্রবণ নিয়ে তাতে কপার দণ্ড আংশিকভাবে নিমজ্জিত করা হয়। একই পাত্রের মধ্যে একটি স্বচ্ছিদ্র পাত্র ব্যবহার করে $ZnSO_4$ দ্রবণ নিয়ে তার মধ্যে একটি জিঙ্কের দণ্ড আংশিকভাবে নিমজ্জিত করা হয়। স্বচ্ছিদ্র পাত্রের ভিতর দিয়ে ইলেকট্রন চলাচল করতে পারে কিন্তু আয়ন চলাচল করতে পারে না। এ অবস্থায় একটি পরিবাহী তার দ্বারা কপার ও জিঙ্কের দণ্ড দুটিকে যুক্ত করে দেওয়া হয় এবং সাথে বর্তনীতে অ্যামিটারের সংযোগ রাখা হয়। তড়িৎ প্রবাহ শুরু হতে থাকে, যা অ্যামিটারের সাহায্যে নির্দেশিত হয়।



চিত্র ৪.২৩ : ড্যানিয়েল সেল বা কোষ

ড্যানিয়েল কোষের অ্যানোড ও ক্যাথোড তড়িদ্বার : যে কোষে জারণ ঘটে তাকে অ্যানোড তড়িদ্বার বলা হয়। ড্যানিয়েল কোষে Zn তড়িদ্বারে জারণ ঘটে।

$Zn \xrightarrow{\text{জারণ}} Zn^{2+} + 2e$। এজন্য Zn তড়িদ্বারটি হলো অ্যানোড তড়িদ্বার।

যে তড়িদ্বারে বিজারণ ঘটে তাকে ক্যাথোড তড়িদ্বার বলা হয়। ড্যানিয়েল কোষে Cu তড়িদ্বারে বিজারণ ঘটে।

$Cu^{2+} + 2e \xrightarrow{\text{বিজারণ}} Cu$। এজন্য Cu তড়িদ্বারটি হলো ক্যাথোড তড়িদ্বার।

জিঙ্ক দণ্ডের প্রতিটি জিঙ্ক পরমাণু হতে দুটি ইলেকট্রন মুক্ত হয় এবং Zn^{2+} আয়ন উৎপন্ন করে। উৎপন্ন Zn^{2+} আয়নের দ্রবণে চলে আসে এবং ইলেকট্রন দুটি তড়িৎদ্বারে জমা হয়।

অ্যানোড তড়িৎদ্বারে : $Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e$ (জারণ ক্রিয়া)

$CuSO_4$ দ্রবণের Cu^{2+} আয়ন Cu দণ্ডে (ক্যাথোড তড়িৎদ্বার) এসে দুটি ইলেকট্রনকে গ্রহণ করে চার্জ মুক্ত হয় এবং Cu পরমাণু হিসেবে তড়িৎদ্বারে জমা হয়।

ক্যাথোড তড়িৎদ্বারের বিক্রিয়া : $Cu^{2+}(aq) + 2e \rightarrow Cu(s)$ (বিজারণ ক্রিয়া)

∴ সমগ্র কোষ বিক্রিয়াটি : $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$

গ্যালভানিক কোষ গঠনের জন্য প্রদত্ত দুটি তড়িৎদ্বারের মধ্যে কোনটি অ্যানোড এবং কোনটি ক্যাথোড হিসেবে কাজ করবে তা তাদের প্রমাণ বিজারণ বিভবের মানের উপর নির্ভর করে। দুটি তড়িৎদ্বারের মধ্যে যার প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিজারণ বিভবের মান কম, সেটি অ্যানোড হিসেবে এবং যার প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভবের মান বেশি, সেটি ক্যাথোড হিসেবে কাজ করবে। যেমন– ড্যানিয়েল কোষে $Zn^{2+}/Zn(E^\circ = -0.76\ V)$ তড়িৎদ্বারটি অ্যানোড হিসেবে এবং Cu^{+2}/Cu ($E^\circ = +0.34\ V$) তড়িৎদ্বারটি ক্যাথোড হিসেবে কাজ করবে।

উভয় তড়িৎদ্বারের জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার সমষ্টিই কোষের নীট বিক্রিয়া। এক্ষেত্রে তাহলে বাইরের বর্তনীর মধ্যদিয়ে চালিত ইলেকট্রন প্রবাহ বিদ্যুৎ প্রবাহের বিপরীত দিকে চালিত হয়।

অ্যানোড হতে নির্গত ইলেকট্রনগুলো বাইরে বর্তনীর ভিতর দিয়ে প্রবাহিত হয়ে ক্যাথোডে প্রবেশ করে এবং দ্রবণের Cu^{2+} আয়ন দ্বারা তা গৃহীত হয়।

অর্থাৎ ড্যানিয়েল কোষে Zn তড়িদ্দ্বার থেকে Cu তড়িদ্দ্বারের দিকে ইলেকট্রনের প্রবাহ ঘটে। সুতরাং প্রচলিত প্রথা অনুযায়ী তড়িৎপ্রবাহ ক্যাথোড তড়িৎদ্বার (Cu তড়িদ্দ্বার) থেকে অ্যানোড তড়িৎদ্বার (Zn তড়িদ্দ্বার) এর দিকে ঘটে।

অবশ্যই মনে রাখবে : গ্যালভানিক কোষের অ্যানোড ঋণাত্মক তড়িৎদ্বার আর ক্যাথোড ধনাত্মক তড়িৎদ্বার কিন্তু ইলেকট্রোলাইটিক কোষের অ্যানোড ধনাত্মক তড়িৎদ্বার আর ক্যাথোড ঋণাত্মক তড়িৎদ্বার হিসেবে কাজ করে। তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষে বহিঃস্থ পরিবাহীর মধ্য দিয়ে অ্যানোড থেকে ক্যাথোডে ইলেকট্রনের প্রবাহ ঘটে। আর রাসায়নিক কোষের ক্ষেত্রে বহিঃস্থ পরিবাহীর মধ্য দিয়ে ক্যাথোড থেকে অ্যানোডে তড়িৎ প্রবাহ ঘটে। গ্যালভানিক কোষে রাসায়নিক শক্তি তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

চিন্তা করে উত্তর দাও – ৪.১৭ :

১. গ্যালভানিক কোষের বিদ্যুৎ প্রবাহ ইলেকট্রন প্রবাহের বিপরীত দিকে চলে কেন?

২. গ্যালভানিক কোষের অ্যানোড তড়িৎদ্বারে জারণ এবং ক্যাথোড তড়িৎদ্বারে বিজারণ ঘটে কেন?

৩. গ্যালভানিক কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ বেশি হলে উচ্চমাত্রার বিদ্যুৎ প্রবাহের জন্য একে ব্যবহার করা যায় না কেন?

৪.১৬.৩ তড়িৎবিশ্লেষ্য কোষ ও তড়িৎ রাসায়নিক কোষের মধ্যে পার্থক্য

(Difference between Electrolytic Cell and Electro Chemical Cell)

পার্থক্যসূচক বৈশিষ্ট্য	তড়িৎবিশ্লেষ্য কোষ	রাসায়নিক কোষ
১. সংজ্ঞাগত	এ কোষের মাধ্যমে বাহ্যিক উৎস থেকে কোষের তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থের মধ্যে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করে নতুন পদার্থের সৃষ্টি করা হয়।	এ কোষের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন ইলেকট্রনকে প্রবাহিত করে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি করা হয়।
২. পরিবর্তিত রূপ	কোষের যান্ত্রিক ব্যবস্থার মাধ্যমে তড়িৎ শক্তিকে রাসায়নিক শক্তিতে পরিবর্তিত করা হয়।	এখানে কোষের মধ্যে সংঘটিত রাসায়নিক বিক্রিয়ায় রাসায়নিক শক্তিকে তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তরিত করা হয়।
৩. তড়িৎ পরিবহনের কৌশল	তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থের গলিত অবস্থায় অথবা দ্রবণে দ্রবীভূত অবস্থায় সৃষ্ট আয়ন দ্বারা তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয়।	রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন ইলেকট্রনের প্রবাহের কারণে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয়।
৪. তড়িদ্দ্বারের প্রকৃতি	অ্যানোড তড়িদ্দ্বারটি ধনাত্মক আধানবিশিষ্ট এবং ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারটি ঋণাত্মক আধান বিশিষ্ট হয়।	অ্যানোড তড়িদ্দ্বারটি ঋণাত্মক আধানবিশিষ্ট এবং ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারটি ধনাত্মক আধান বিশিষ্ট হয়।
৫. প্রবাহের দিক	ইলেকট্রনের প্রবাহ যেদিকে ঘটে তড়িৎ প্রবাহ ঠিক তার বিপরীত দিকে ঘটে।	দ্রবণের মধ্যে যে দিকে অ্যানায়নের প্রবাহ ঘটে তড়িৎপ্রবাহের দিক সে দিকেই ঘটে।
৬. লবণসেতু	লবণসেতু ব্যবহারের প্রয়োজন পড়ে না।	লবণসেতু ব্যবহারের প্রয়োজন পড়ে।

৪.১৭ রিচার্জেবল (লেড স্টোরেজ ও লিথিয়াম) ব্যাটারির গঠন, কার্যপ্রণালি এবং রিচার্জ প্রক্রিয়া

(Structure of Rechargable battery, its function & Recharge Process)

৪.১৭.১ রিচার্জেবল (লেড স্টোরেজ) ব্যাটারির গঠন, কার্যপ্রণালি এবং রিচার্জ প্রক্রিয়া

ভূমিকা : লেড স্টোরেজ ব্যাটারি তড়িৎ প্রবাহের অন্যতম উৎস। এ ব্যাটারিতে বাইরের উৎস থেকে বিদ্যুৎ প্রবাহ চালনা করে বিদ্যুৎ শক্তিকে রাসায়নিক শক্তিরূপে সঞ্চিত করে রাখা হয় এবং পরবর্তীতে ঐ রাসায়নিক শক্তিকে পুনরায় বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তরিত করা হয়। অর্থাৎ ব্যাটারির অভ্যন্তরীণ রাসায়নিক বিক্রিয়ার মাধ্যমে বিদ্যুৎ উৎপাদন করে তা সরবরাহ করা হয় এবং বাইরের কোনো উৎস থেকে বিদ্যুৎ প্রবাহ কোষে চালনা করে পুনরায় কোষটিকে চার্জ করা হয়ে থাকে।

গঠন : লেড স্টোরেজ ব্যাটারির একটি তড়িৎদ্বার Pb ধাতু দ্বারা এবং অপর তড়িৎদ্বারটি PbO_2 (লিথার্জ) দ্বারা আবৃত Pb দ্বারা তৈরি করা হয়। তড়িৎ বিশ্লেষ্য হিসেবে 1.15 আপেক্ষিক গুরুত্বের H_2SO_4 দ্রবণকে ব্যবহার করা হয়ে থাকে। Pb ধাতু দ্বারা তৈরি পাতগুলোকে অ্যানোড তড়িৎদ্বার হিসেবে এবং PbO_2 দ্বারা আবৃত Pb পাতগুলোকে ক্যাথোড তড়িৎদ্বার হিসেবে ব্যবহার করা হয়। এ পাতগুলোকে পর্যায়ক্রমিকভাবে পরপর সাজানো হয় এবং এভাবেই যুক্ত করা হয়। তড়িৎদ্বারের গঠন সজ্জা সম্পন্ন করার পর একে বহু প্রকোষ্ঠযুক্ত প্লাস্টিক পাতের মধ্যে সজ্জিত করা হয়। ব্যাটারিকে সক্রিয় ও কার্যক্ষম করার জন্য ব্যাটারির মধ্যে 1.15 আপেক্ষিক গুরুত্বের H_2SO_4 দ্রবণ যোগ করা হয়। অথবা 38% (w/v) H_2SO_4 দ্রবণ যোগ করা হয়।

∴ চার্জিত অবস্থায় কোষটি : $Pb\,(s) \mid H_2SO_4$ যা $PbSO_4$ দ্বারা সম্পৃক্ত $\mid PbO_2\,(s)\,Pb(s)$

ডানপক্ষে ব্যবহৃত তড়িৎদ্বারের Pb তড়িৎ সংযোগের জন্য ব্যবহার করা হয়। এটি কোষ বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে না।

কার্যপ্রণালি : প্রতিটি চেম্বারের মধ্যে H_2SO_4 যোগ করার ফলে ব্যাটারি চার্জিত হয়। ফলে বাম তড়িৎদ্বারের লেড ধাতু দ্রবীভূত হয়ে Pb^{2+} আয়নে পরিণত হয় এবং দ্রবণের H_2SO_4 এর SO_4^{2-} এর সাথে যুক্ত হয়ে অদ্রবণীয় $PbSO_4$ উৎপন্ন করে।

দ্রবণে : $2H_2SO_4 \rightleftharpoons 4H^+ + 2SO_4^{2-}$

বাম তড়িৎদ্বারে বা অ্যানোড তড়িৎদ্বারে :

$$Pb \longrightarrow Pb^{2+} + 2e$$
$$Pb^{2+} + SO_4^{2-} \longrightarrow PbSO_4\,(s)$$

সামগ্রিক বিক্রিয়া : $Pb + SO_4^{2-} \longrightarrow PbSO_4\,(s) + 2e,$ $E^\circ = +0.356\ V$

ডান তড়িৎদ্বারে বা ক্যাথোড তড়িৎদ্বারে :

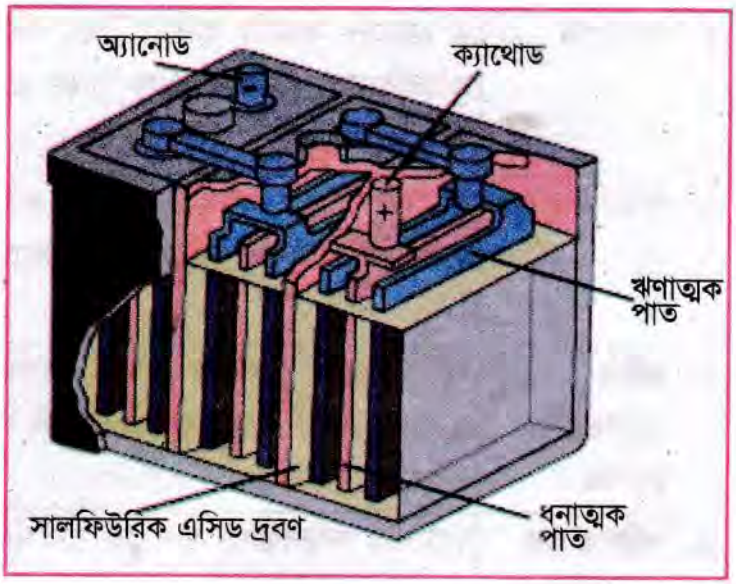
$PbO_2\,(s) + 4H^+ + SO_4^{2-} + 2e \rightarrow PbSO_4\,(s) + 2H_2O,$ $E^\circ = +1.68\ V$

মূল বিক্রিয়াটি অবশ্য নিম্নলিখিত প্রক্রিয়ায় সম্পন্ন হয়।

$$\begin{cases} PbO_2\,(s) + 2H_2O \rightleftharpoons Pb^{4+} + 4OH^- \\ Pb^4 + 2e \longrightarrow Pb^{2+} \\ Pb^{2+} + SO_4^{2-} \longrightarrow PbSO_4 \\ 4OH^- + 4H^+ \longrightarrow 4H_2O \end{cases}$$

সামগ্রিক বিক্রিয়া : $PbO_2\,(s) + 4H^+ + SO_4^{2-} + 2e \longrightarrow PbSO_4\,(s) + 2H_2O;\ E^\circ_{\text{কোষ}} = +2.041\ V$

∴ কোষ বিক্রিয়া : $Pb + PbO_2\,(s) + 4H^+ + 2SO_4^{2-} \xrightarrow{\text{ডিসচার্জ}} 2PbSO_4\,(s) + 2H_2O$



চিত্র ৪.২৪ : লেড সঞ্চয়ী কোষ

রিচার্জ প্রক্রিয়া : ব্যাটারির তড়িচ্চালক বলের মান সাধারণত 2.03 V হয়ে থাকে। ব্যাটারি ব্যবহারের ফলে তড়িচ্চালক বলের মান যখন 1.17 V এ নেমে আসে তখন একে পুনরায় চার্জ করার প্রয়োজন হয়। ব্যাটারির চার্জিং এর সময় পশ্চাৎমুখী বিক্রিয়া ঘটে। $2PbSO_4(s) + 2H_2O \xrightarrow{\text{চার্জিং}} Pb(s) + PbO_2(s) + 4H^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$

ক্যাথোড তড়িৎদ্বারের বিক্রিয়া : $PbSO_4(s) + 2e \longrightarrow Pb(s) + SO_4^{2-}(aq)$

অ্যানোড তড়িৎদ্বারের বিক্রিয়া : $PbSO_4(s) + 2H_2O(l) \longrightarrow PbO_2(s) + SO_4^{2-}(aq) + 4H^+(aq) + 2e$

সমগ্র কোষ বিক্রিয়া : $2PbSO_4(s) + 2H_2O(l) \longrightarrow Pb(s) + PbO_2(s) + 4H^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$

নিজে কর – ৪.১৮ :

১. একটি লেড সঞ্চয়ী কোষের ডিসচার্জের (discharge) সময় দ্রবণে H_2SO_4 এর ঘনত্ব 1.315 g mL^{-1} থেকে 1.204 g mL^{-1} এ নেমে আসে। 1.315 g mL^{-1} ও 1.204 g mL^{-1} ঘনত্বের H_2SO_4 দ্রবণে যথাক্রমে 46% (w/v) ও 28% (w/v) H_2SO_4 বর্তমান থাকে। ব্যাটারির মধ্যে 5.4 L এসিড এবং ডিসচার্জের সময় আয়তনের কোনো পরিবর্তন না ঘটলে এটি ব্যবহারের সময় কত কুলম্ব বিদ্যুৎ উৎপন্ন হয়েছিল? **উত্তর :** 4233744.5 C।

২. একটি লেড সঞ্চয়ী কোষের ডিসচার্জের (discharge) সময় দ্রবণে H_2SO_4 এর ঘনত্ব 1.298 g mL^{-1} থেকে 1.136 g mL^{-1} এ নেমে আসে। 1.298 g mL^{-1} ও 1.136 g mL^{-1} ঘনত্বের H_2SO_4 দ্রবণে যথাক্রমে 40% (w/v) ও 18% (w/v) H_2SO_4 বর্তমান থাকে। ব্যাটারির মধ্যে 4.5 L এসিড এবং ডিসচার্জের সময় আয়তনের কোনো পরিবর্তন না ঘটলে এটি ব্যবহারের সময় কত অ্যাম্পিয়ার-ঘণ্টা (ampere-hours) বিদ্যুৎ উৎপন্ন হয়েছিল? **উত্তর :** 387.378 amp – hour।

চিন্তা করে উত্তর দাও – ৪.১৯ :

রিচার্জেবল লেড স্টোরেজ ব্যাটারিতে ডান তড়িৎদ্বার বা ক্যাথোড তড়িৎদ্বারে ব্যবহৃত Pb এর ডিসচার্জ বা চার্জিং এর সময় কোষ বিক্রিয়ার কোনো ভূমিকা নেই। তবুও তাকে ব্যবহার করা হয় কেন?

৪.১৭.২ রিচার্জেবল (লিথিয়াম) ব্যাটারির গঠন, কার্যপ্রণালি এবং রিচার্জ প্রক্রিয়া

প্রত্যেক ব্যাটারিরই তিনটি প্রধান অংশ থাকে। যথা– ১. অ্যানোড তড়িৎদ্বার বা ঋণাত্মক তড়িৎদ্বার, ২. ক্যাথোড তড়িৎদ্বার বা ধনাত্মক তড়িৎদ্বার, ৩. তড়িৎ বিশ্লেষ্য।

লিথিয়াম স্টোরেজ ব্যাটারির ক্ষেত্রে গ্রাফাইট দণ্ডকে অ্যানোড তড়িৎদ্বার হিসেবে ব্যবহার করা হয়। ক্যাথোড তড়িৎদ্বার হিসেবে মেটাল অক্সাইড যেমন, লিথিয়াম কোবাল্ট অক্সাইড ($LiCoO_2$), লিথিয়াম আয়রন ফসফেট ($LiFePO_4$), লিথিয়াম ম্যাঙ্গানিজ অক্সাইড (Li_2MnO_3) এর যেকোনো একটিকে ব্যবহার করা চলে। তড়িৎ বিশ্লেষ্য হিসেবে লিথিয়াম লবণ দ্রবীভূত জৈব দ্রাবককে ব্যবহার করা হয়ে থাকে। জৈব দ্রাবক হিসেবে ডাই ইথাইল কার্বনেট, $(C_2H_5)_2CO_3$; কে ব্যবহার করা হয়। আর লিথিয়াম লবণ হিসেবে লিথিয়াম পারক্লোরেট ($LiClO_4$), লিথিয়াম টেট্রাফ্লোরো বোরেট ($LiBF_4$), লিথিয়াম হেক্সা ফ্লোরো আর্সেনিক ($LiAsF_6$), লিথিয়াম হেক্সা ফ্লোরো ফসফরাস ($LiPF_6$) এর মধ্যে যে কোনোটিকে ব্যবহার করা চলে।

অ্যানোড তড়িৎদ্বার গ্রাফাইটকে জৈব দ্রাবক ডাইইথাইল কার্বনেট ও লিথিয়াম লবণ যুক্ত তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্যে রাখা হয়। ক্যাথোড তড়িৎদ্বার, লিথিয়ামের মিশ্র ধাতুর অক্সাইডকে ব্যবহার করে একই তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্যে রাখা হয়। একটি আয়ন বিনিময়কারী অর্ধভেদ্য পর্দা দ্বারা এদেরকে পৃথক করে রাখা হয়। উভয় তড়িৎদ্বারকেই জলীয় বাষ্পরোধী করা হয়। কারণ লিথিয়াম (Li) অত্যন্ত সক্রিয় ধাতু এবং পানির সংস্পর্শে এসে বিস্ফোরণের মাধ্যমে বিক্রিয়া ঘটিয়ে থাকে।

কার্যপ্রণালি : চার্জিং ও ডিসচার্জিং : লিথিয়াম ব্যাটারির ক্ষেত্রে অ্যানোড ও ক্যাথোড তড়িৎদ্বারের মধ্যে Li^+ এর স্থানান্তরের ফলে ইলেকট্রনের দান ও গ্রহণ এর মাধ্যমে ডিসচার্জিং এ চার্জিং প্রক্রিয়া সম্পন্ন হয়। এটি সম্পূর্ণ দুটি বিপরীত প্রক্রিয়া। চার্জিং এর সময় ক্যাথোড তড়িৎদ্বারের $LiCoO_2$ হতে Li^+ মুক্ত হয়ে প্রথমে তড়িৎ বিশ্লেষ্য ও বিভেদ পর্দা অতিক্রম করে অ্যানোডে গিয়ে চার্জ মুক্ত হয়। ডিসচার্জিংয়ের সময় গ্রাফাইট অ্যানোডের Li^+ মুক্ত হয়ে তড়িৎ বিশ্লেষ্য ও বিভেদ পর্দা অতিক্রম করে ক্যাথোডে চার্জ মুক্ত হয়। এ ব্যাটারির ধনাত্মক তড়িৎদ্বারের বিক্রিয়া :

$LiCoO_2 \rightleftharpoons Li_{(1-n)}CoO_2 + nLi^+ + ne^-$

ঋণাত্মক তড়িৎদ্বারের বিক্রিয়া :

$nLi^+ + ne^- + C \rightleftharpoons nLiC$

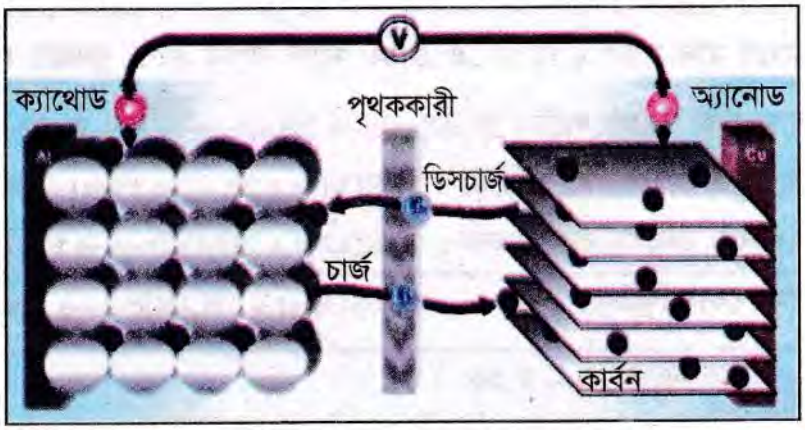
সামগ্রিক কোষ বিক্রিয়া :

$Li^+ + e + LiCoO_2 \rightarrow Li_2O + CoO$

যখন অতিরিক্ত চার্জ 5.2 Volts অতিক্রম করে তখন

$LiCoO_2 \longrightarrow Li^+ + CoO_2 + e$

এক্ষেত্রে Co^{3+} ও Co^{4+} এর মধ্যে আয়নের বিনিময় ঘটে এবং ইলেকট্রন উৎপন্ন হয়।



চিত্র ৪.২৫ : লিথিয়াম-আয়ন সঞ্চয়ক কোষ

ব্যাটারির চার্জের সময় : $Co^{3+} \longrightarrow Co^{4+} + e$

এবং ডিসচার্জের সময় $Co^{4+} + e \longrightarrow Co^{3+}$. এ বিক্রিয়া সম্পন্ন হয়।

মনে রাখবে : (১) কোষের দক্ষতা $= \frac{\text{Discharge হওয়াকালীন গড় ভোল্টেজ}}{\text{Charge হওয়াকালীন গড় ভোল্টেজ}}$

(২) যখন কোষ তড়িৎ উৎপন্ন করে তখন তাকে Discharge বলে।

শিক্ষার্থীর কাজ - ৪.২০ :

১. চার্জিত অবস্থায় লেড স্টোরেজ কোষটি উপস্থাপন কর।

২. চার্জিত অবস্থায় লিথিয়াম আয়ন স্টোরেজ কোষটি উপস্থাপন কর।

৪.১৮ লেড স্টোরেজ ও লিথিয়াম ব্যাটারি ব্যবহারের সুবিধা ও অসুবিধা

(Advantages & Disadvantages of Led Storage & Lithum battery)

লেড স্টোরেজ ব্যাটারির সুবিধাসমূহ :

১. প্রাথমিক অবস্থাতেই এটি উচ্চ ভোল্টেজের বিদ্যুৎ প্রবাহ প্রদান করে থাকে।

২. এটির নির্মাণ ব্যয় খুব সামান্য এবং স্থানীয়ভাবে প্রস্তুত করা যায়।

৩. ব্যাটারি নির্মাণে প্রয়োজনীয় উপকরণের খুবই সহজলভ্যতা।

৪. এটিকে পুনরায় রিচার্জ করা যায়।

৫. এ জাতীয় ব্যাটারির অভ্যন্তরীণ রোধ কম।

৬. মটর ইঞ্জিনের স্টার্ট দেওয়ার ক্ষেত্রে যথেষ্ট উপযোগী। এক্ষেত্রে বেশি শক্তির প্রয়োজন হলে কয়েকটি ব্যাটারিকে সারিবদ্ধভাবে এক সাথে যুক্ত করলে অধিক শক্তি পাওয়া যায়।

৭. ইলেকট্রোলাইট যোগ না করলে দীর্ঘ সময় যাবৎ একে সংরক্ষণ করা যায়। ইলেকট্রোলাইট যোগ করে নিম্ন ও উচ্চ তাপমাত্রায় এটি কার্যক্ষম থাকে। এর কার্যকরী দক্ষতা প্রায় 70%।

৮. এর উৎকর্ষতা যথেষ্ট ভালো এবং ওভারচার্জিং এর ফলে তেমন কোনো ক্ষতি হয় না।

৯. সাময়িকভাবে অল্প কিছুক্ষণের জন্য বিদ্যুৎ বিভ্রাট ঘটলে এ ব্যাটারি সীমিত পরিসরে বিদ্যুৎ সরবরাহ করে থাকে।

১০. এর মূল উপাদানসমূহকে রিসাইকেল করা যায়।

লেড স্টোরেজ ব্যাটারির অসুবিধাসমূহ :

১. লেড স্টোরেজ ব্যাটারির ওজন অস্বাভাবিকভাবে বেশি।

২. খুবই ধীরগতিতে চার্জিত হয়।

৩. এ ব্যাটারির কর্মদক্ষতা (efficiency) মাত্র 70%।
৪. তড়িৎ বিশ্লেষ্য যোগ করায় সাথে সাথেই ব্যাটারি চার্জিত হয় এবং এটি ক্ষয় হতে থাকে।
৫. এটি অতিরিক্ত তাপের সৃষ্টি করে থাকে।
৬. এ ব্যাটারির রক্ষণাবেক্ষণ খরচ আছে।
৭. উপযুক্ত রক্ষণাবেক্ষণ ও অব্যবস্থাপনার কারণে ব্যাটারির তড়িৎ বিশ্লেষ্য ও লেড ধাতু মারাত্মকভাবে পরিবেশের দূষণ ঘটায়।
৮. লেড স্টোরেজ ব্যাটারির ইলেকট্রোলাইটের সংযুক্তি 64% H_2O + 36% H_2SO_4 এবং ঘনত্ব 1.2 – 1.3 g mL^{-1} এ সংযুক্তি সর্বদা ঠিক রাখার প্রয়োজন পড়ে।
৯. অন্যসব ব্যাটারির মতো অপেক্ষাকৃত ছোট আকারের ব্যাটারি তৈরি করা সম্ভব নয়।
১০. রিচার্জিং এর সময় H_2 গ্যাসের উৎপন্ন হওয়ার সম্ভাবনা থেকে যায়। H_2 একটি দাহ্য গ্যাস।

লিথিয়াম আয়ন ব্যাটারির সুবিধা :

১. উচ্চ শক্তির ঘনত্ব (High Energy Density) যা উচ্চ ধারণ ক্ষমতাসম্পন্ন বিভব সৃষ্টি করে থাকে।
২. প্রাথমিক অবস্থায় দীর্ঘ সময় কোনো চার্জের প্রয়োজন পড়ে না। নিয়মিতভাবে চার্জ দিলেই চলে।
৩. অব্যবহৃত অবস্থায় খুবই ধীরগতিতে চার্জ হারায়।
৪. কোনোরূপ অতিরিক্ত রক্ষণাবেক্ষণ খরচের প্রয়োজন পড়ে না।
৫. বিশেষ ধরনের বৈশিষ্ট্যপূর্ণ ব্যাটারি যার সাহায্যে উচ্চ শক্তির বিদ্যুৎ উৎপাদন করা অতি সহজ।

লিথিয়াম আয়ন ব্যাটারির অসুবিধাসমূহ :

১. এ ব্যাটারির কারেন্ট ও ভোল্টেজকে নিরাপদ সীমার মধ্যে রাখতে সুরক্ষা সার্কিটের প্রয়োজন হয়।
২. ব্যাটারি ব্যবহার না করলেও এর আয়ুষ্কাল ধীরে ধীরে হ্রাস পায়।
৩. উৎপাদন খরচ লেড স্টোরেজ ব্যাটারির তুলনায় প্রায় 40% অধিক।
৪. তড়িৎদ্বার ও তড়িৎ বিশ্লেষ্যের স্বতঃস্ফূর্ত পরিবর্তন ঘটে।
৫. বিপুল পরিমাণ ব্যাটারির আমদানির ক্ষেত্রে পরিবহনে সরকারি বাধা বা নিষেধাজ্ঞা থাকে।

৪.১৯ ফুয়েল সেল ও এর প্রকারভেদ (Fuel Cell & its Classifications)

৪.১৯.১ ফুয়েল সেল (Fuel Cell)

জীবাশ্ম জ্বালানির দহনের ফলে CO_2 উৎপন্ন হয়। CO_2 গ্রিন হাউস গ্যাস এবং বৈশ্বিক উষ্ণায়নের ক্ষেত্রে প্রধান ভূমিকা পালন করে। এর কারণে পৃথিবীপৃষ্ঠের তাপমাত্রা ক্রমশ বেড়েই চলছে এবং এর ফলস্বরূপ মেরু প্রদেশের হিমবাহ গলতে শুরু করেছে এবং সমুদ্রপৃষ্ঠের ও সাগরের পানির উপরিতল বৃদ্ধি পাচ্ছে। এসব সমস্যা থেকে পরিত্রাণের জন্য আমাদের কার্বনযুক্ত জ্বালানির ব্যবহার যতটা সম্ভব কমিয়ে আনতেই হবে। এটির পরিবর্তে জ্বালানি হিসেবে হাইড্রোজেনকে ব্যবহার করা যেতে পারে। হাইড্রোজেনের দহনের ফলে শুধু পানি উৎপন্ন হয়। সৌরশক্তির দ্বারা পানিকে পুনরায় ভেঙে সহজেই প্রয়োজনীয় জ্বালানি হাইড্রোজেন উৎপন্ন করা যায়; যা সম্পূর্ণ দূষণমুক্ত। হাইড্রোজেন জ্বালানির ব্যবহার জীবাশ্ম জ্বালানির তুলনায় অনেক বেশি সুবিধাজনক ও পরিবেশ বান্ধব।

1839 সালে বৃটিশ পদার্থ বিজ্ঞানী Sir Willium Robert মাত্র 28 বছর বয়সে কোনো তাপীয় প্রক্রিয়া ব্যতিরেকে জ্বালানি (Fuel) ব্যবহার করে বিদ্যুৎ উৎপাদন করার কৌশল উদ্ভাবন করেন। পরবর্তীকালে 1960 সালে কেমব্রিজ বিশ্ববিদ্যালয়ের অধ্যাপক Bacon এবং Frost এ প্রক্রিয়া ও পদ্ধতির উন্নয়নের মাধ্যমে বাণিজ্যিক ভিত্তিতে ব্যবহার করা যায় এমন ফুয়েল সেল তৈরি করেন।

প্রকৃতপক্ষে অ্যাপোলা স্পেস মিশন (Apollo Space Mission) এর শক্তির চাহিদা মিটাতেই অধ্যাপক বেকোন (Becon) এ জাতীয় জ্বালানি কোষের উদ্ভাবন করেন। এ জ্বালানির কোষকে তিনি এমনভাবে প্রস্তুত করেন যাতে তড়িদ্দ্বারের যে উপাদানের জারণ বা বিজারণ হবে, সেটিকে কোষের বাইরে সুস্থিত করে রাখা হয় যাতে ক্রমাগত কোষের মধ্যে সরবরাহ করা যায়। অধ্যাপক বেকোন (Becon) $H_2 - O_2$ জ্বালানি কোষকে এমনভাবে তৈরি করেন যা হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন থেকে বেকোন পানি প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। এ $H_2 - O_2$ জ্বালানি কোষ বেকোন কোষ (Becon Cell) নামেও পরিচিত। এ কোষের মধ্যে বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন জলীয়বাষ্পকে পানীয় জলে যোগ করা হয়। ফলে মহাকাশচারীদের পর্যাপ্ত পরিমাণে পানীয় জল সরবরাহ করা সম্ভবপর হয়।

জ্বালানি কোষ (Fuel Cell) এক ধরনের ভোল্টীয় কোষ, যার মধ্যে বিভিন্ন জ্বালানি যেমন, H_2, CO, CH_4, C_3H_8, $CH_3 - OH$, গলিত কার্বনেট ইত্যাদি ব্যবহার করে বয়লার (Boiler), টারবাইন (Turbines) প্রভৃতি তাপীয় সরঞ্জামের সাহায্য ছাড়াই তাপশক্তি উৎপাদন করা হয়। অর্থাৎ এ ধরনের কোষে জ্বালানির দহনে শক্তি সরাসরি তড়িৎশক্তিতে রূপান্তরিত হয়। জ্বালানির তড়িৎশক্তিকে রাসায়নিক শক্তিতে পরিবর্তিত করার সাধারণ প্রচলিত পদ্ধতি জ্বালানির দহন (Combustion of Fuel) এ প্রক্রিয়াতেই তাপ উৎপন্ন হয়। এ উৎপন্ন তাপশক্তির সাহায্যে স্টিম (Steam) উৎপন্ন করে। উৎপন্ন স্টিমের সাহায্যে টারবাইনের মাধ্যমে বিদ্যুৎ উৎপন্ন করা হয়।

এটিই সাধারণ প্রচলিত পদ্ধতি। এ পদ্ধতিতে মাত্র 40% কার্যক্ষমতা প্রাপ্ত হয়। কিন্তু ফুয়েল সেলের কার্যক্ষমতা প্রায় 70 – 75%, যা প্রচলিত কোষ অপেক্ষা অনেক বেশি।

ফুয়েল সেলের ক্রিয়া পদ্ধতি সাধারণ প্রচলিত ব্যাটারির ক্রিয়া পদ্ধতি থেকে সম্পূর্ণ ভিন্ন। সাধারণভাবে তড়িৎ রাসায়নিক কোষের ক্ষেত্রে ব্যাটারি তড়িৎ শক্তি সঞ্চয় করে রাখে, কিন্তু ফুয়েল সেলে তড়িৎ রাসায়নিক Device থাকে যা ফুয়েলের জারণ বিক্রিয়ার শক্তিকে তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তরিত করে থাকে। এ সেলের কোষ বিক্রিয়া উভমুখী নয়। উচ্চ শক্তিসম্পন্ন উপাদান যেমন– হাইড্রোজেন, কার্বন, মিথান্যাল, বাষ্পীয় দশায় গ্যাসোলিন, কার্বন মনোক্সাইড, হাইড্রাজিন, ক্লোরিন, হাইড্রোকার্বন, প্রাকৃতিক গ্যাস, ইথানল, হাইড্রোজেন পার অক্সাইড প্রভৃতিকে ফুয়েল হিসেবে ব্যবহার করা যায়। এরাই মূলত তড়িৎ রাসায়নিক Device এর সাহায্যে রাসায়নিকভাবে বিক্রিয়া করে বিদ্যুৎ উৎপন্ন করে থাকে। ফুয়েলকে এ কোষে অবিরত, অবিরাম সরবরাহ করা হয়ে থাকে, এটিই মূলত কোষের সাথে এর পার্থক্য।

ফুয়েল সেলের ক্ষেত্রে মুক্ত শক্তিকে যান্ত্রিক কাজে পরিণত করার ক্ষেত্রে সর্বোচ্চ তাপগতীয় দক্ষতা প্রদান করে থাকে। ফুয়েল সেলের দক্ষতা 'ϵ' কে নিম্নলিখিত সমীকরণ আকারে প্রকাশ করা যায়।

$$\epsilon = \frac{\Delta G}{\Delta H} = \frac{E}{E - T\left(\frac{\delta E}{\delta T}\right)_P}$$ এখানে, ΔH = বিক্রিয়া তাপ, ΔG = বৈদ্যুতিক মুক্ত শক্তি, $T\left(\frac{\delta E}{\delta T}\right)_P$ = তাপমাত্রার গুণাঙ্ক।

এ সমীকরণ থেকে এটি স্পষ্ট হয় ফুয়েল সেলের ধনাত্মক তাপমাত্রা গুণাঙ্কসহগ (coelficient) 100% এর উপরে দক্ষতা প্রদান করতে পারে। আর এ কারণেই সাধারণ তাপ ইঞ্জিনের চেয়ে ফুয়েল সেল অধিক দক্ষতা সম্পন্ন হয়ে থাকে।

যেকোনো ফুয়েল সেলের ক্ষেত্রে তাপমাত্রার গুণাঙ্কের মান ধনাত্মক (+ Ve) হলে বাহ্যিক তাপ সরবরাহের জন্য কোষের দক্ষতা 100% এর অধিক হবে।

ফুয়েল সেলের তড়িৎদ্বারের ক্ষেত্রে সবচেয়ে মৌলিক প্রয়োজনীয় দিক হলো–

১. এ সেলের তড়িৎদ্বারে অবশ্যই উচ্চ মানের ও দীর্ঘস্থায়ী হতে হবে। এক্ষেত্রে টাইটেনিয়াম (Ti) ধাতুকে ব্যবহার করা হয়ে থাকে এর মধ্যে 0.1% Pd সংযুক্ত থাকে এবং এ ধাতুর উপর Pt-এর পাতলা আবরণ দেওয়া থাকে; যা কিনা প্রভাবক হিসেবে কাজ করে।

২. এ সেলের তড়িৎদ্বারের উচ্চ ধরনের তড়িৎ রাসায়নিক সক্রিয়তা থাকতে হবে। যা কিনা নিম্ন পোলারাইজেশনে উচ্চ বিদ্যুৎ ঘনত্ব প্রদান করতে পারে।

অপরপক্ষে ইলেকট্রোলাইটের ক্ষেত্রে প্রয়োজনীয় দিক হলো–

১. ইলেকট্রোলাইট অবশ্যই উচ্চ আয়নিক পরিবাহিতা (conductivity) এবং স্থায়িত্ব থাকতে হবে।

২. সবসময়ই জ্বালানির ক্ষেত্রে এর সংযুক্তি অবশ্যই অপরিবর্তনীয় থাকবে যখন এর জ্বালানি, অক্সিড্যান্ট ও বিক্রিয়ায় উৎপাদের সাথে আন্তঃক্রিয়া ঘটে।

৩. ইলেকট্রোলাইট ও ইলেকট্রোডের কোনো রূপ ক্ষয় (Corrosion) ঘটবে না।

৪. ইলেকট্রোলাইটের মধ্যে আয়ন বিনিময়কারী পর্দা থাকতে হবে। এটি সাধারণত পলিস্যারিন সালফোনিক এসিডের তৈরি।

৪.১৯.২ | ফুয়েল সেলের প্রকারভেদ (Classification of Fuel Cell)

ফুয়েল সেলে উৎপন্ন তাপমাত্রার পরিসর ও জ্বালানির উপর ভিত্তি করে একে চারভাগে ভাগ করা হয়ে থাকে।

১. নিম্ন তাপমাত্রার (25 – 100 °C) ফুয়েল সেল। যেমন, (i) হাইড্রোজেন – অক্সিজেন ফুয়েল সেল।

২. মধ্যম তাপমাত্রার (100 – 500 °C) ফুয়েল সেল। যেমন, (i) হাইড্রোজেন – অক্সিজেন ফুয়েল সেল, (ii) প্রাকৃতিক গ্যাস – অক্সিজেন ফুয়েল সেল।

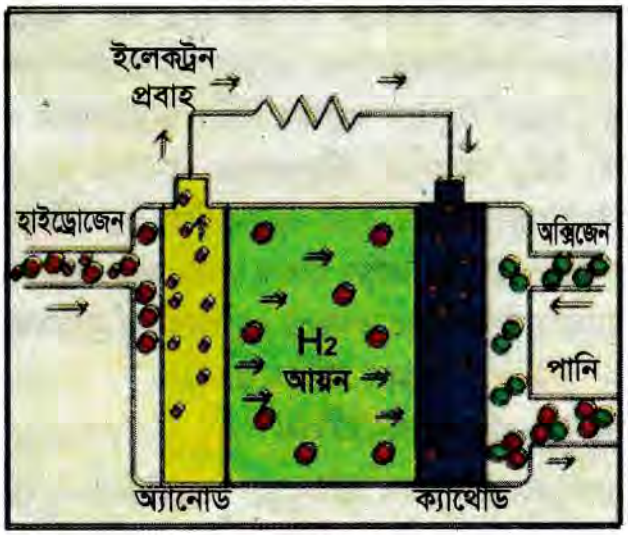
৩. উচ্চ তাপমাত্রার (500 – 1000 °C) ফুয়েল সেল। (i) গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বন – কার্বন মনোক্সাইড, (ii) মিথানল – অক্সিজেন।

৪. অতি উচ্চ তাপমাত্রার (1000 – 2000 °C) ফুয়েল সেল। (i) অ্যালকোহল – অক্সিজেন, (ii) বাষ্পীয় দশায় গ্যাসোলিন – অক্সিজেন, (iii) বিউটেন – অক্সিজেন ইত্যাদি।

ফুয়েল সেলের তড়িৎবিশ্লেষ্য ও ব্যবহৃত জ্বালানি এর উপর ভিত্তি করে একে নিম্নলিখিত ভাগে ভাগ করা হয়।
বিভিন্ন প্রকারের ফুয়েল সেল থাকলেও প্রতিটি সেলের একই কেন্দ্রীয় গঠন কাঠামো। সাধারণভাবে প্রতিটি ফুয়েল সেলে থাকে দুটি তড়িদ্দ্বার এবং তড়িৎবিশ্লেষ্য। তড়িদ্দ্বার দুটির একটি ধনাত্মক তড়িদ্দ্বার বা ক্যাথোড তড়িদ্দ্বার এবং অপরটি ঋণাত্মক তড়িদ্দ্বার বা অ্যানোড তড়িদ্দ্বার। তড়িৎবিশ্লেষ্যের ভৌত অবস্থা কঠিন অথবা তরল যে কোনোটিই হতে পারে। তবে প্রতিটি ক্ষেত্রে তড়িৎবিশ্লেষ্য দ্বারা তড়িদ্দ্বার দুটি পৃথকভাবে রাখা হয়। তড়িৎবিশ্লেষ্য, তড়িদ্দ্বারদ্বয়ের মধ্যে আধানযুক্ত আয়নকে পরিবহন করে। প্রতিটি ফুয়েল সেলের মধ্যে বিশেষ বৈশিষ্ট্যপূর্ণ তড়িৎবিশ্লেষ্য ও জ্বালানি ব্যবহার করা হয়। তড়িৎবিশ্লেষ্যের প্রকৃতি অনুযায়ী ফুয়েল সেলকে ভাগ করা হয়।
ফুয়েল সেলের তড়িৎবিশ্লেষ্য ও জ্বালানির উপর ভিত্তি করে নিম্নলিখিতভাবে ভাগ করা হয়।

১. ক্ষারীয় ফুয়েল সেল।
২. বিগলিত কার্বনেট ফুয়েল সেল।
৩. ফসফোরিক এসিড ফুয়েল সেল।
৪. কঠিন অক্সাইড ফুয়েল সেল।
৫. মিথানল ফুয়েল সেল।
৬. হাইড্রোকার্বন ফুয়েল সেল।

১. ক্ষারীয় ফুয়েল সেল (Alkaline Fuel Cell, AFC) : ক্ষারীয় ফুয়েল সেলে তড়িৎবিশ্লেষ্য হিসেবে KOH এর জলীয় দ্রবণকে ব্যবহার করা হয় এবং ফুয়েল হিসেবে উচ্চ চাপের সংকুচিত H_2 ও O_2 গ্যাসকে ব্যবহার করা হয়। এ সেলের বিশেষত্ব এই যে, ক্যাথোড থেকে OH^- আয়ন অ্যানোড তড়িদ্দ্বারের H_2 এর সাথে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে পানি (H_2O) ও মুক্ত ইলেকট্রন উৎপন্ন করে। উৎপন্ন ইলেকট্রন বাহ্যিক পরিবাহী ব্যবস্থার মাধ্যমে পরিবাহিত হয়ে বিদ্যুৎ উৎপন্ন করে এবং ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারে O_2 ও পানির সাথে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে।



চিত্র ৪.২৬ : ক্ষারীয় ফুয়েল সেল

এ বিক্রিয়ার ফলে নতুনভাবে আরও হাইড্রক্সিল আয়ন (OH^-) উৎপন্ন হওয়ার সুযোগ সৃষ্টি হয়।

অ্যানোড তড়িদ্দ্বারে : $2H_2(g) + 4\ OH^-(aq) \longrightarrow 4\ H_2O(l) + 4e$

ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারে : $2H_2O(l) + O_2(g) + 4e \longrightarrow 4\ OH^-$

সামগ্রিক বিক্রিয়া : $2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2\ H_2O(l)$

এ জাতীয় ফুয়েল সেলের কার্যক্ষমতা প্রায় 90% হয়। কোষের বাহ্যিক কার্যক্ষমতা 300 – 5000 ওয়াট।

২. বিগলিত কার্বনেট ফুয়েল সেল (Molten Carbonate Fuel Cell, MCFC) : বিগলিত কার্বনেট ফুয়েল সেলের তড়িৎবিশ্লেষ্য হিসেবে কার্বনেট লবণ বিশেষ করে Li_2CO_3, Na_2CO_3 বা K_2CO_3 কে 650°C তাপমাত্রায় বিশেষ প্রক্রিয়াধীনে তরলে পরিণত করে ব্যবহার করা হয়। ক্যাথোড তড়িদ্দ্বার হিসেবে প্লাটিনাম ধাতুর প্রলেপ যুক্ত Ni ধাতুকে এবং অ্যানোড তড়িদ্দ্বার হিসেবে প্লাটিনাম ধাতুকে ব্যবহার করা হয়। তড়িৎ প্রবাহের মূল উৎস হিসেবে কার্বনেট আয়ন (CO_3^{2-}) ক্যাথোড তড়িদ্দ্বার থেকে অ্যানোড তড়িদ্দ্বারের দিকে প্রবাহিত হয়। অ্যানোড তড়িদ্দ্বারে জীবাশ্ম জ্বালানিকে বিয়োজিত করে হাইড্রোজেনসমৃদ্ধ গ্যাসে রূপান্তর করা হয়।

$$CH_4 + 2\,H_2O \xrightarrow[750\,^\circ C]{Ni} CO_2 + 4\,H_2$$

$$CH_4 + H_2O \xrightarrow[500\,^\circ C]{Ni} CO + 3H_2$$

ক্যাথোডের প্রবাহিত কার্বনেট আয়ন (CO_3^{2-}) অ্যানোডের হাইড্রোজেনের সংস্পর্শে এসে বিক্রিয়া করে পানি (H_2O), কার্বন ডাইঅক্সাইড (CO_2) এবং ইলেকট্রন উৎপন্ন করে।

অ্যানোড তড়িদ্দ্বারের বিক্রিয়া : $CO_3^{2-} + H_2 \longrightarrow H_2O + CO_2 + 2e$

অ্যানোড তড়িদ্দ্বারের উৎপন্ন ইলেকট্রন বাহ্যিক পরিবাহী ব্যবস্থার মাধ্যমে ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারে পৌঁছে এবং তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি করে। অ্যানোড তড়িদ্দ্বারে উৎপন্ন CO_2 ক্যাথোডে এসে অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে CO_3^{2-} আয়নকে পুনর্গঠিত করে।

ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারের বিক্রিয়া : $CO_2 + \frac{1}{2}O_2 + 2e \longrightarrow CO_3^{2-}$

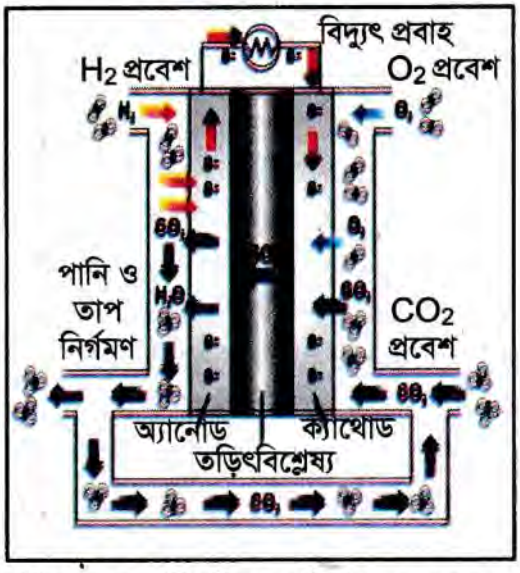
ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারের উৎপন্ন CO_3^{2-} তড়িৎ বিশ্লেষ্যকে সমৃদ্ধ করে পুনরায় চক্রায়ন প্রক্রিয়াকে অব্যাহত রাখে। সামগ্রিকভাবে কোষের অভ্যন্তরে H_2 ও O_2 যুক্ত হয়ে H_2O উৎপন্ন হয়।

অ্যানোড তড়িদ্দ্বারের বিক্রিয়া : $CO_3^{2-} + H_2 \longrightarrow H_2O + CO_2 + 2e$

ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারের বিক্রিয়া : $CO_2 + \frac{1}{2}O_2 + 2e \longrightarrow CO_3^{2-}$

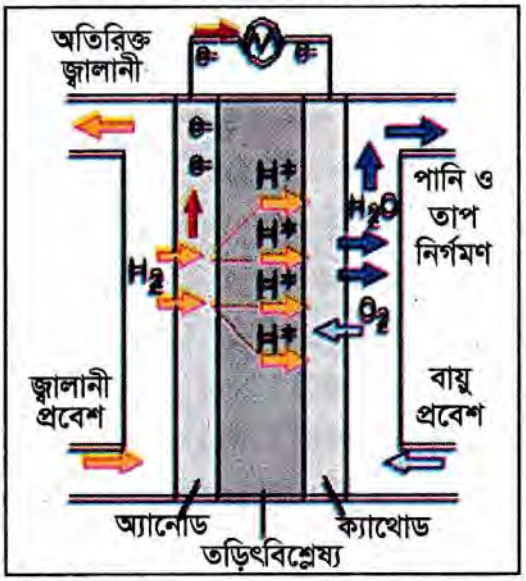
সমগ্র কোষে বিক্রিয়া : $H_2 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O$

প্রকৃতপক্ষে এটি হাইড্রোজেন ফুয়েল সেলের একটি পরিবর্তিত বিকল্প রূপ।



চিত্র ৪.২৭ : বিগলিত কার্বনেট ফুয়েল সেল

৩. ফসফোরিক এসিড ফুয়েল সেল : ফসফোরিক এসিড ফুয়েল সেলে তড়িৎবিশ্লেষ্য হিসেবে জলীয় H_3PO_4 কে ব্যবহার করা হয়। অ্যানোড তড়িদ্দ্বার হিসেবে কার্বন দণ্ডের উপর প্লাটিনামের প্রলেপযুক্ত পাতকে ব্যবহার করা হয়। প্লাটিনামের প্রলেপ দেওয়ার ক্ষেত্রে ন্যানো প্রযুক্তিকে ব্যবহার করা হয়। ক্যাথোড তড়িদ্দ্বার হিসেবে সিলিকন কার্বাইডের উপর প্লাটিনামের প্রলেপ যুক্ত পাতকে ব্যবহার করা হয়। ফুয়েল হিসেবে সরাসরি বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনকে ব্যবহার করা হয়। অ্যানোড তড়িদ্দ্বারের প্রবাহিত H_2 ইলেকট্রন উৎপন্ন করে হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) এ পরিণত হয়। উৎপন্ন ইলেকট্রন পরিবাহী ব্যবস্থার মাধ্যমে তড়িৎ প্রবাহ সৃষ্টি করে ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারে পৌঁছে। ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারে প্রবাহিত O_2 অ্যানোড তড়িদ্দ্বারে উৎপন্ন ইলেকট্রনকে গ্রহণ করে O^{2-} আয়নে পরিণত হয়।



চিত্র ৪.২৮ : ফসফোরিক এসিড ফুয়েল সেল

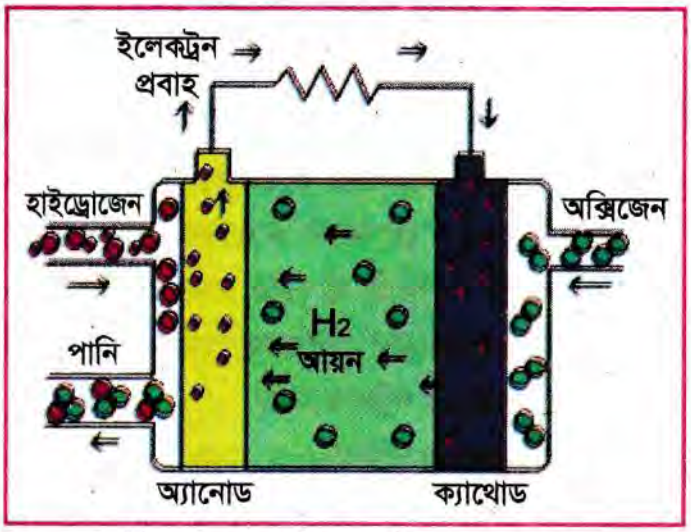
অ্যানোড তড়িদ্দ্বারের বিক্রিয়া : $H_2 \longrightarrow 2H^+ + 2e$

ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারের বিক্রিয়া : $\frac{1}{2}O_2 + 2e \longrightarrow O^{2-}$

সমগ্র কোষ বিক্রিয়া : $H_2 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O$

এ কোষে প্রায় 100 কিলোওয়াট থেকে 400 কিলোওয়াট বিদ্যুৎ উৎপাদন করা হয়। কোষের কার্যকর তাপমাত্রা 180 °C এবং সার্বিক কার্যক্ষমতা প্রায় 80%।

৪. কঠিন অক্সাইড ফুয়েল সেল (Solid Oxide Fuel Cell, SOFC) : কঠিন অক্সাইড ফুয়েল সেলে তড়িৎবিশ্লেষ্য হিসেবে সিরামিক ইলেকট্রোলাইট যেমন ওয়াট্রিয়াম অক্সাইড (Yttrium Oxide) দ্বারা সুস্থিতকৃত জিরকনিয়াম অক্সাইড (Zirconium Oxide) ব্যবহার করা হয়। অ্যানোড তড়িদ্দ্বার হিসেবে কার্বন দণ্ডের উপর প্লাটিনাম ধাতুর প্রলেপযুক্ত পাতকে এবং ক্যাথোড তড়িদ্দ্বার হিসেবে নিকেল ধাতুর উপর প্লাটিনাম ধাতুর প্রলেপযুক্ত পাতকে ব্যবহার করা হয়।



চিত্র ৪.২৯ : কঠিন অক্সাইড ফুয়েল সেল

সাধারণভাবে ফুয়েল সেলে ধনাত্মক আধানযুক্ত হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) অ্যানোড থেকে ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারে পরিবাহিত হয়। কিন্তু কঠিন অক্সাইড ফুয়েল সেলের ক্ষেত্রে ঋণাত্মক আধানযুক্ত অক্সিজেন আয়ন (O^{2-}) ক্যাথোড থেকে অ্যানোড তড়িদ্দ্বারে পরিবাহিত হয়। ক্যাথোডে O_2 গ্যাস O^{2-} আয়নে পরিণত হয়। উৎপন্ন O^{2-} আয়ন তড়িৎবিশ্লেষ্যের ভিতর দিয়ে অ্যানোডের H_2 গ্যাসের সাথে বিক্রিয়া করে পানি ও ইলেকট্রন উৎপন্ন করে।

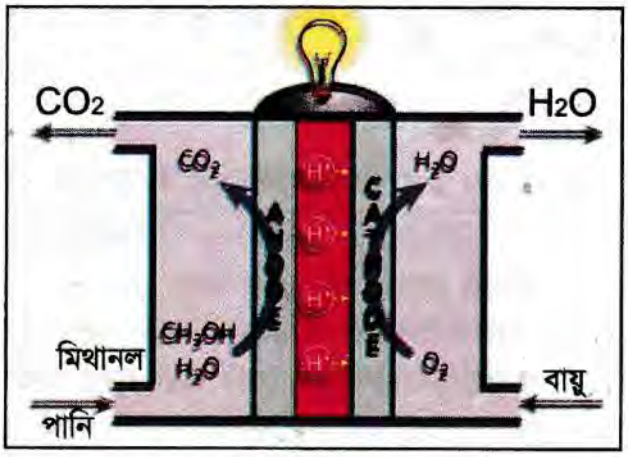
ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারের বিক্রিয়া : $O_2 + 4e \longrightarrow 2\,O^{2-}$

অ্যানোড তড়িদ্দ্বারের বিক্রিয়া : $2\,H_2 + 2\,O^{2-} \longrightarrow 2\,H_2O + 4e$

সমগ্র কোষ বিক্রিয়া : $2\,H_2 + O_2 \longrightarrow 2\,H_2O$

এক্ষেত্রে প্রায় 100 কিলোওয়াট বিদ্যুৎ উৎপাদন করা হয়।

৫. মিথানল ফুয়েল সেল (Methanol Fuel Cell, MFC) : এটি ফুয়েল সেলের নতুন সংস্করণ। 1990 সালে একে সংযোজন করা হয়। মিথানল ফুয়েল সেলের তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থ হিসেবে পলিমার ঝিল্লি (Polymer Membrane) ব্যবহার করা হয়। অ্যানোড তড়িদ্দ্বার হিসেবে কার্বন দণ্ডের উপর প্লাটিনাম ধাতুর প্রলেপযুক্ত পাতকে এবং ক্যাথোড তড়িদ্দ্বার হিসেবে প্লাটিনাম ধাতুর পাতকে ব্যবহার করা হয়। প্রভাবক হিসেবে প্লাটিনাম-রুথেনিয়াম সংকর ব্যবহার করা হয়। জ্বালানি হিসেবে মিথানল ও অক্সিজেন ব্যবহার করা হয়।



চিত্র ৪.৩০ : মিথানল ফুয়েল সেল

অ্যানোড তড়িদ্দ্বারে মিথানল (CH_3OH) ও পানি (H_2O) বিয়োজিত হয়ে CO_2, H^+ আয়ন ও ইলেকট্রন উৎপন্ন করে।

অ্যানোড তড়িদ্দ্বারের বিক্রিয়া :

$CH_3 - OH + H_2O \longrightarrow CO_2 + 6\,H^+ + 6\,e.$

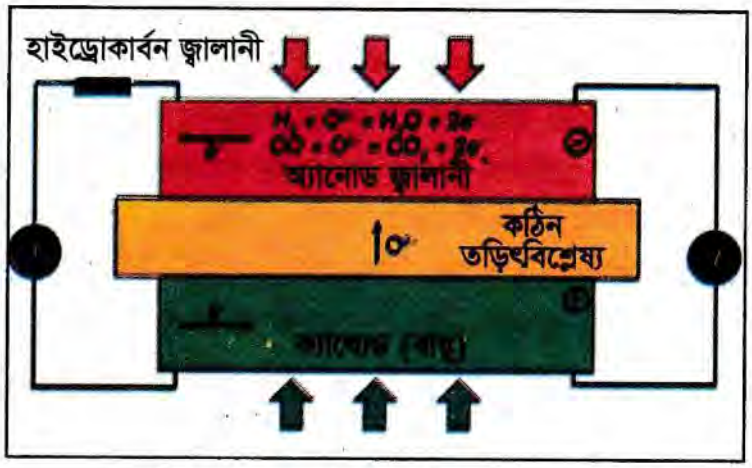
উৎপন্ন ইলেকট্রন পরিবাহী ব্যবস্থার ভিতর দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ সৃষ্টি করে ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারে পৌঁছে। ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারে প্রবাহিত অক্সিজেন অ্যানোড তড়িদ্দ্বারে উৎপন্ন ইলেকট্রনকে গ্রহণ করে O^{2-} আয়নে পরিণত হয় এবং O^{2-} আয়ন H^+ আয়নের সাথে যুক্ত হয়ে পানি (H_2O) উৎপন্ন করে।

ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারের বিক্রিয়া : $\frac{3}{2}O_2 + 6\,H^+ + 6\,e \longrightarrow 3\,H_2O$

সমগ্র কোষ বিক্রিয়া : $CH_3 - OH + \frac{3}{2}O_2 \longrightarrow CO_2 + 2\,H_2O$

এ ফুয়েল সেলের বিদ্যুৎ উৎপাদন ক্ষমতা 25 watts এবং কোষের তাপমাত্রা প্রায় 200 °C হয়।

৬. হাইড্রোকার্বন ফুয়েল সেল (Hydrocarbon Fuel Cell, HFC) : এ জাতীয় ফুয়েল সেলে জ্বালানি হিসেবে হাইড্রোকার্বন (প্রোপেন) ও অক্সিজেনকে ব্যবহার করা হয়। এ কারণে একে প্রোপেন-অক্সিজেন ফুয়েল সেলও বলা হয়। অ্যানোড তড়িদ্দ্বারে জ্বালানি হিসেবে প্রোপেনকে এবং ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারে অক্সিজেন গ্যাস ব্যবহার করা হয়। অ্যানোড তড়িদ্দ্বার হিসেবে কার্বন দণ্ডের উপর প্লাটিনাম ধাতুর প্রলেপযুক্ত পাতকে এবং ক্যাথোড তড়িদ্দ্বার হিসেবে নিকেল ধাতুর উপর প্লাটিনামের ন্যানো পার্টিকেলের প্রলেপযুক্ত পাতকে ব্যবহার করা হয়। অ্যানোড তড়িদ্দ্বারে প্রোপেন (C_3H_8) বিয়োজিত হয়ে CO_2, H^+ আয়ন ও ইলেকট্রন উৎপন্ন করে। উৎপন্ন ইলেকট্রন পরিবাহী ব্যবস্থার মাধ্যমে বিদ্যুৎ উৎপন্ন করে ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারে পৌঁছে অক্সিজেনকে O^{2-} আয়নে পরিণত করে পানিতে পরিণত করে।



চিত্র ৪.৩১ : হাইড্রোকার্বন ফুয়েল সেল

অ্যানোড তড়িদ্দ্বারের বিক্রিয়া : $C_3H_8 + 6\,H_2O \longrightarrow 3\,CO_2 + 20\,H^+ + 20\,e$

ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারের বিক্রিয়া : $5\,O_2 + 20\,H^+ + 20\,e \longrightarrow 10\,H_2O$

সমগ্র কোষ বিক্রিয়া : $C_3H_8 + 5\,O_2 \longrightarrow 3\,CO_2 + 4\,H_2O$

এ ফুয়েল সেলের বিদ্যুৎ উৎপাদন ক্ষমতা প্রায় 100 – 150 কিলোওয়াট।

বর্তমানে আমেরিকা, রাশিয়া ও ফ্রান্সে অটোমোবাইলের শক্তির উৎস হিসেবে দস্তা-বায়ু ফুয়েল সেল (Zinc-Air Fuel Cell, ZAFC) প্রস্তুত করা হয়েছে। এক্ষেত্রে KOH এর জলীয় দ্রবণকে তড়িৎবিশ্লেষ্য হিসেবে ব্যবহার করা হয়।

তথ্যসূত্র : Harvard University www.harvard.edu. (USA)

৪.২০ ফুয়েল সেলের অ্যানোড, ক্যাথোড ও ফুয়েলের ব্যাখ্যা

(Anode & Cathode of Fuel Cell & Explanation of Fuel)

৪.২০.১ | ফুয়েল সেলের অ্যানোড, ক্যাথোড ও ফুয়েলের ব্যাখ্যা

১. **নিম্ন তাপমাত্রার ফুয়েল সেল :** হাইড্রোজেন-অক্সিজেন ফুয়েল সেল। হাইড্রোজেন-অক্সিজেন ফুয়েল সেল আবিষ্কৃত ফুয়েল সেলগুলোর মধ্যে প্রথম সেল। এ সেলের নাম থেকেই স্পষ্ট হয় এর জ্বালানি হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন। এ সেলের ধনাত্মক তড়িৎদ্বার তৈরি করা হয় গ্রাফাইটের সাহায্যে, তবে এর উপর Ni ধাতুর আস্তরণ থাকে। আর ঋণাত্মক তড়িৎদ্বারও তৈরি করা একই গ্রাফাইডের সাহায্যে তবে এর আস্তরণ করা হয় Ni ও NiO দ্বারা। এক্ষেত্রে Ni ও NiO প্রভাবক ভূমিকা পালন করে থাকে। এ উভয় তড়িৎদ্বারকে তড়িৎ বিশ্লেষ্য KOH দ্রবণের মধ্যে ডুবিয়ে রাখা হয়।

হাইড্রোজেন (H_2) গ্যাসকে 50 atm চাপে ঋণাত্মক তড়িৎদ্বারে চালনা করা হয়। এ H_2 গ্রাফাইডের সংস্পর্শে এসে ভেঙ্গে যায় এবং দ্রবণের OH^- এর সাথে যুক্ত হয়ে H_2O উৎপন্ন করে থাকে।

ঋণাত্মক তড়িৎদ্বার বা অ্যানোড তড়িৎদ্বারের বিক্রিয়া :

$$\begin{cases} 2H_2(g) \longrightarrow 4H^+ + 4e \\ 4H^+ + 4OH^- \longrightarrow 4H_2O(l) \end{cases}$$

$$2H_2(g) + 4OH^- \longrightarrow 4H_2O(l) + 4e$$

ধনাত্মক তড়িৎদ্বারে O_2 গ্যাসকে একই 50 atm চাপ সরবরাহ করা হয়। অক্সিজেন গ্রাফাইডের উপরিস্তরে KOH দ্রবণের পানি ও আগত ইলেকট্রনের সাথে যুক্ত হয়ে OH^- আয়ন উৎপন্ন করে থাকে।

ধনাত্মক তড়িৎদ্বার বা ক্যাথোডের বিক্রিয়া : $O_2 + 4e + 2H_2O(l) \longrightarrow 4OH^-(aq)$

দুটি তড়িৎদ্বারের সামগ্রিক বিক্রিয়াকে যোগ করলে কোষ বিক্রিয়াটি :

অ্যানোড তড়িৎদ্বারে : $2H_2(g) + 4OH^- \longrightarrow 4H_2O(l) + 4e$

ক্যাথোড তড়িৎদ্বার : $O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e \longrightarrow 4OH^-$

$2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(l)$

ফুয়েলের জারণ বিক্রিয়ার শক্তি সরাসরি তড়িৎ শক্তি হিসেবে পরিবর্তিত হয়। এ কোষের তাপমাত্রা 100°C বিধায় উৎপন্ন পানি বাষ্পে পরিণত হয়। এ বাষ্পকে সংগ্রহ করে ঘনীভূত করে পুনরায় তরল পানিতে পরিণত করে একে পুনরায় ব্যবহার করা হয়। এ কোষের তড়িৎ দক্ষতা প্রায় 98% এবং এটিকে প্রায় 1000 ঘণ্টা যাবৎ ব্যবহার করা যায়।

২. **মধ্যম তাপমাত্রার ফুয়েল সেল :** এ জাতীয় ফুয়েল সেলের ক্ষেত্রেও ঋণাত্মক তড়িৎদ্বারে $H_2(g)$ ও ধনাত্মক তড়িৎদ্বারে O_2 গ্যাস ব্যবহার করা হয়। তবে তড়িৎদ্বার দুটি গ্রাফাইডের পরিবর্তে টাইটেনিয়াম (Ti) ধাতু দ্বারা নির্মিত হয় এবং এর মধ্যে প্রায় 0.1% Pd ধাতু যুক্ত থাকে। ঋণাত্মক তড়িৎদ্বারের উপর Ni ধাতুর হালকা আস্তরণ ও ধনাত্মক তড়িৎদ্বারের উপর Ni ও NiO এর মিশ্রণের হালকা আস্তরণ দেওয়া হয়। উভয় তড়িৎদ্বারকেই KOH তড়িৎবিশ্লেষ্যের মধ্যে ডুবিয়ে রাখা হয়। তবে এক্ষেত্রে আয়ন বিনিময়কারী পর্দা হিসেবে পলিস্ট্যারিন সালফোনিক এসিডের পর্দা ব্যবহার করা হয়। এটি প্রভাবকের পৃষ্ঠতলকে বিষাক্ত হতে দেয় না। এ সেলের বিক্রিয়া পূর্বের বিক্রিয়ার অনুরূপ, শুধু উৎপন্ন তাপের মাত্রা ভিন্ন হয়।

৩. **উচ্চ তাপমাত্রার ফুয়েল সেল :** হাইড্রোকার্বন–অক্সিজেন ফুয়েল সেল ও মিথানল–অক্সিজেন ফুয়েল সেল : এ জাতীয় ফুয়েল সেলের ক্ষেত্রে ধনাত্মক ও ঋণাত্মক উভয় তড়িৎদ্বারই Pt ধাতু দ্বারা নির্মিত থাকে। আর তড়িৎ বিশ্লেষ্য হিসেবে KOH এর পরিবর্তে H_3PO_4 কে ব্যবহার করা হয়ে থাকে। প্রোপেন গ্যাস অথবা মিথানল বাষ্পকে ঋণাত্মক তড়িৎদ্বারে 5 – 10 atm চাপে প্রবেশ করানো হয়। এ ফুয়েল Pt পাত্রের সংস্পর্শে এসে ভেঙ্গে যায় এবং জারিত হয়। ইলেকট্রন উৎপন্ন করে ও উৎপন্ন H^+ আয়ন, OH^- আয়নের সাথে যুক্ত হয়ে $H_2O(l)$ উৎপন্ন করে।

ঋণাত্মক তড়িৎদ্বার বা অ্যানোডের বিক্রিয়া :

$C_3H_8 + 6H_2O \longrightarrow 3CO_2 + 20\ H^+ + 20\ e^-$; $\quad 20\ H^+ + 20\ OH^- \longrightarrow 20\ H_2O(l)$

ধনাত্মক তড়িৎদ্বার বা ক্যাথোডের বিক্রিয়া : এ তড়িৎদ্বারে O_2 গ্যাস চালনা করা হয়। অক্সিজেন Pt এর উপস্থিতিতে পানির সাথে আগত ইলেকট্রনের মাধ্যমে বিক্রিয়া করে OH^- উৎপন্ন করে। ধনাত্মক তড়িৎদ্বার বা ক্যাথোডের বিক্রিয়া :

$O_2 + 2H_2O + 4e \longrightarrow 4\ OH^-$; $\quad$ বা, $5O_2 + 10H_2O + 20\ e \longrightarrow 20\ OH^-$

∴ সমগ্র কোষ বিক্রিয়া $C_3H_8 + 5O_2 \longrightarrow 3CO_2 + 4H_2O(l)$

এক্ষেত্রেও কোষ বিক্রিয়ার জ্বালানির জারণ বিক্রিয়ায় উৎপন্ন শক্তি সরাসরি তড়িৎ শক্তি উৎপাদনে রূপান্তরিত হয়।

যদি ঋণাত্মক তড়িৎদ্বার বা অ্যানোড তড়িৎদ্বারে প্রোপিনের পরিবর্তে CH_3OH বাষ্পকে ব্যবহার করা হয় তবে বিক্রিয়া–

অ্যানোড তড়িৎদ্বারে :
$$\begin{cases} CH_3 - OH + H_2O \longrightarrow CO_2 + 6H^+ + 6e \ldots\ldots \times 2 \\ 6H^+ + 6OH^- \longrightarrow 6H_2O. \ldots\ldots\ldots \times 2 \end{cases}$$

$2CH_3 - OH + 2H_2O \longrightarrow 2CO_2 + 12H^+ + 12e$; $\qquad 12H^+ + 12OH^- \longrightarrow 12H_2O$

ক্যাথোড তড়িৎদ্বারের বিক্রিয়া :

$O_2 + 2H_2O + 4e \longrightarrow 4OH^- \ldots\ldots\ldots\ldots \times 3$; $\qquad 3O_2 + 6H_2O + 12e \longrightarrow 12OH^-$

∴ সমগ্র কোষ বিক্রিয়া : $2CH_3 - OH + 3O_2 \longrightarrow 2CO_2 + 4H_2O$

৪. **অতি উচ্চ তাপমাত্রার ফুয়েল সেল :** প্রাকৃতিক গ্যাস-অক্সিজেন অথবা ইথানল বাষ্প–অক্সিজেন অথবা বাষ্পীয় দশায় গ্যাসোলিন–অক্সিজেন ফুয়েল সেল।

এ জাতীয় ফুয়েল সেলে প্রাকৃতিক গ্যাসকে জলীয় বাষ্পের সাথে মিশ্রিত করে Ni প্রভাবকের উপস্থিতিতে 500 – 750°C তাপমাত্রায় চালনা করে CO, H_2 ও CO_2 উৎপন্ন করা হয়।

$$CH_4 + 2H_2O \xrightarrow[750°C]{Ni} CO_2 + 4H_2; \qquad CH_4 + H_2O \xrightarrow[500°C]{Ni} CO + 3H_2$$

এ কোষের অ্যানোড তড়িৎদ্বার হিসেবে Ti ধাতুর ছিদ্রযুক্ত পাত যার মধ্যে 0.1% Pd থাকে এবং পাত্রের উপর Ni ধাতুর পাতলা আস্তরণ থাকে। ক্যাথোড হিসেবে একই Ti ধাতুর ছিদ্রযুক্ত পাত যার মধ্যে 0.1% Pd থাকে এর উপর Ag ধাতুর সূক্ষ্ম চূর্ণের পাতলা আস্তরণ থাকে। ইলেকট্রোলাইট হিসেবে MgO এর সাথে বিগলিত Li_2CO_3, Na_2CO_3 ও K_2CO_3 এর মিশ্রণ ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

অ্যানোড তড়িৎদ্বারের মধ্যে CO ও H_2 কে প্রবেশ করা হয় এবং ক্যাথোড তড়িৎদ্বারে CO_2 ও O_2 কে প্রবেশ করানো হয়।

অ্যানোড তড়িৎদ্বারের বিক্রিয়া : $H_2 + CO_3^{2-} \longrightarrow CO_2 + H_2O + 2e$; $\quad CO + CO_3^{2-} \longrightarrow 2CO_2 + 2e$

ক্যাথোড তড়িৎদ্বারের বিক্রিয়া : $2CO_2 + O_2 + 4e \longrightarrow 2CO_3^{2-}$

∴ সমগ্র কোষ বিক্রিয়া : $H_2 + CO + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$

৪.২০.২ | ফুয়েল সেলের কর্মদক্ষতা (Efficiency of a Fuel Cell)

সাধারণভাবে যে কোনো তড়িৎ রাসায়নিক কোষের কর্মদক্ষতা থাকে 60 – 70%। তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্রের কর্ম দক্ষতার মানও প্রায় 60 – 70% এর মত হয়। কিন্তু ফুয়েল সেলের কর্মদক্ষতার মান যথেষ্ট বেশি। এ মান প্রায় 80 – 85% হয়।

ফুয়েল সেলের কর্মদক্ষতা, $\eta = \dfrac{\text{কৃতকাজ বা উৎপন্ন তড়িৎ শক্তি}}{\text{দহন কাজের এনথালপি বা উৎপন্ন রাসায়নিক শক্তি}}$

অর্থাৎ, $\eta = \dfrac{\Delta G}{\Delta H} = \dfrac{-nFE_{\text{কোষ}}}{\Delta H}$

এখানে, ΔG = মুক্ত শক্তির পরিবর্তন $= -nFE_{\text{কোষ}}$ এবং $\Delta H = -285.8\ kJ\ mol^{-1}$

$\therefore \Delta G = -nFE_{\text{কোষ}} = -2 \times 96500 \times 1.23 = -237390\ J\ mol^{-1}$

$= -237.39\ kJ\ mol^{-1}$

$\therefore \eta = \dfrac{\Delta G}{\Delta H} \times 100$

$= \dfrac{-237.39}{-285.8} \times 100 = 83.06\%$

৪.২১ হাইড্রোজেন ফুয়েল সেলের গঠন ও সংঘটিত বিক্রিয়া (Structure of Hydrogen Fuel Cell)

হাইড্রোজেন ফুয়েল সেল : এ জাতীয় ফুয়েল সেলের নাম হাইড্রোজেন ফুয়েল সেল হলেও মূলত এটি হাইড্রোজেন – অক্সিজেন ফুয়েল সেল। এ সেলের নাম থেকেই স্পষ্ট হয় এর জ্বালানি হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন। এ সেলের ধনাত্মক তড়িৎদ্বার তৈরি করা হয় গ্রাফাইডের সাহায্যে, তবে এর উপর Ni ধাতুর আস্তরণ থাকে। আর ঋণাত্মক তড়িৎদ্বারও তৈরি করা একই গ্রাফাইডের সাহায্যে তবে এর আস্তরণ করা হয় Ni ও NiO দ্বারা। এক্ষেত্রে Ni ও NiO প্রভাবক ভূমিকা পালন করে থাকে। এ উভয় তড়িৎদ্বারকে তড়িৎ বিশ্লেষ্য KOH দ্রবণের মধ্যে ডুবিয়ে রাখা হয়।

হাইড্রোজেন গ্যাসকে (H_2) 50 atm চাপে ঋণাত্মক তড়িৎদ্বারে চালনা করা হয়। এ H_2 গ্রাফাইডের সংস্পর্শে এসে ভেঙ্গে যায় এবং দ্রবণের OH^- এর সাথে যুক্ত হয়ে H_2O উৎপন্ন করে থাকে।

ঋণাত্মক তড়িৎদ্বার বা অ্যানোড তড়িৎদ্বারের বিক্রিয়া :

$$\begin{cases} 2H_2(g) \longrightarrow 4H^+ + 4e \\ 4H^+ + 4OH^- \longrightarrow 4H_2O(l) \end{cases}$$

$$2H_2(g) + 4OH^- \longrightarrow 4H_2O(l) + 4e,\ E^\circ = -0.83\ V$$

ধনাত্মক তড়িৎদ্বারে O_2 গ্যাসকে একই 50 atm চাপ সরবরাহ করা হয়। অক্সিজেন গ্রাফাইডের উপরিস্তরে KOH দ্রবণের পানি ও আগত ইলেকট্রনের সাথে যুক্ত হয়ে OH^- আয়ন উৎপন্ন করে থাকে।

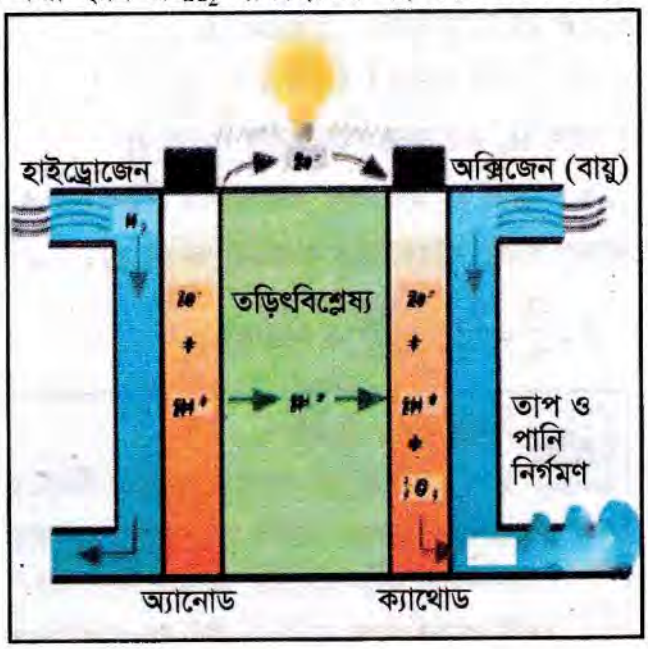
ক্যাথোডের বিক্রিয়া : $O_2 + 4e + 2H_2O(l) \rightarrow 4OH^-(aq),\ E^\circ = +0.40\ V$

দুটি তড়িৎদ্বারের সামগ্রিক বিক্রিয়াকে যোগ করলে কোষ বিক্রিয়াটি :

অ্যানোড তড়িৎদ্বারে : $2H_2(g) + 4OH^- \longrightarrow 4H_2O(l) + 4e$

ক্যাথোড তড়িৎদ্বার : $O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e \longrightarrow 4OH^-$

$$2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(l),\ E^\circ = +1.23\ V$$



চিত্র ৪.৩২ : হাইড্রোজেন ফুয়েল সেল

ফুয়েলের জারণ বিক্রিয়ার শক্তি সরাসরি তড়িৎ শক্তি হিসেবে পরিবর্তিত হয়। এ কোষের তাপমাত্রা 100°C বিধায় উৎপন্ন পানি বাষ্পে পরিণত হয়। এ বাষ্পকে সংগ্রহ করে ঘনীভূত করে পুনরায় তরল পানিতে পরিণত করে একে পুনরায় ব্যবহার করা হয়। এ কোষের তড়িৎ দক্ষতা প্রায় 98% এবং এটিকে প্রায় 1000 ঘণ্টা যাবৎ ব্যবহার করা যায়।

৪.২২ হাইড্রোজেন ফুয়েল সেলের সুবিধা (Advantages of Hydrogen Fuel Cell)

হাইড্রোজেন ফুয়েল সেলের ক্ষেত্রে বেশ কিছু সুবিধা আছে। যেমন–

১. এটি একটি অত্যন্ত পরিবেশ বান্ধব কার্যকরী ফুয়েল সেল। এর উপজাত বিশুদ্ধ পানি পরিবেশের কোনরূপ ক্ষতি করে না।

২. এটি নবায়নযোগ্য জ্বালানির উৎস।

৩. হাইড্রোজেন ফুয়েল সেলের দক্ষতা প্রায় 98% পর্যন্ত হতে পারে; যেখানে সাধারণ ইঞ্জিনের দক্ষতা সর্বোচ্চ হয় 40%।

৪. এ ক্ষেত্রে কোনোরূপ পরিবেশ দূষণ ঘটায় না। কারণ এক্ষেত্রে উৎপন্ন পদার্থ পানি।

৫. এটি খুবই হালকা।

৬. উৎপন্ন বিদ্যুতের ঘনত্ব অনেক বেশি।

৭. এক্ষেত্রে কোনোরূপ শব্দ দূষণ ও তাপীয় দূষণ ঘটে না।

৮. যান্ত্রিক সুবিধার কারণে মহাশূন্যযানে ব্যবহার করা হয়।

১০. কোনো প্রকার অসুবিধা সৃষ্টি না করে পৃথক একক সেলসমূহকে সংযুক্ত করে উচ্চ ভোল্টেজ অর্জন করা সম্ভব।

চিন্তা করে উত্তর দাও ৪.২১ :

১. হাইড্রোজেন জ্বালানির ব্যবহার জীবাশ্ম জ্বালানির তুলনায় বেশি সুবিধাজনক কেন?

উদাহরণ ১ : একটি ফুয়েল সেলে H_2 ও O_2 বিক্রিয়া করে বিদ্যুৎ শক্তি উৎপন্ন করে। কোষে অ্যানোড তড়িৎদ্বারে H_2 ও ক্যাথোড তড়িৎদ্বারে অক্সিজেন জারিত হয়। S.T.P তে 100.8 L H_2 গ্যাস 15 মিনিট ধরে বিক্রিয়া করলে উৎপন্ন তড়িৎ প্রবাহের গড় মান নির্ণয় কর।

সমাধান : অ্যানোড তড়িৎদ্বারের বিক্রিয়া : $H_2 + 2OH^- \longrightarrow 2H_2O + 2e$

ক্যাথোড তড়িৎদ্বারের বিক্রিয়া : $O_2 + 2H_2O + 4e \longrightarrow 4OH^-$

আমরা জানি, $1F = 96500\ C$

S.T.P তে $22.4\ L\ H_2 = 1\ mole\ H_2$

$\therefore$ S.T.P তে $100.8\ L\ H_2 = 4.5\ mole\ H_2$

1 মোল H_2 এর জন্য প্রয়োজনীয় বিদ্যুৎ $2F$

$\therefore$ 4.5 মোল H_2 এর জন্য প্রয়োজনীয় বিদ্যুৎ $2 \times 4.5 = 9F = 9 \times 96500\ C$

আমরা জানি, পরিবাহিতে প্রবাহিত তড়িৎ, $Q = I \times t$

$$\therefore I = \frac{Q}{t} = \frac{9 \times 96500}{15 \times 60} = 965\ Amp.$$

নিজে কর – ৪.২২ :

১. একটি ফুয়েল সেলে H_2 এ O_2 বিক্রিয়া করে বিদ্যুৎ শক্তি উৎপন্ন করে। কোষের অ্যানোড তড়িৎদ্বারে H_2 ও ক্যাথোড তড়িৎদ্বারে অক্সিজেন জারিত হয়। 25°C তাপমাত্রায় 50 atm চাপে $146.7077 \times 10^{-2}\ dm^3\ H_2$ গ্যাস 10 মিনিট ধরে বিক্রিয়া করলে উৎপন্ন তড়িৎ প্রবাহের গড় মান নির্ণয় কর। **উত্তর :** 965 Amp।

২. একটি ফুয়েল সেলে H_2 ও O_2 বিক্রিয়া করে বিদ্যুৎ শক্তি উৎপন্ন করে। S.T.P তে কত আয়তন H_2 কে 15 মিনিট ধরে বিক্রিয়া করলে উৎপন্ন তড়িৎ প্রবাহের গড় মান 643.33 Amp হবে? **উত্তর :** 67.2 L হাইড্রোজেন।

৩. একটি ফুয়েল সেলে H_2 ও O_2 বিক্রিয়া করে বিদ্যুৎ শক্তি উৎপন্ন করে। S.T.P তে $89.6\ dm^3\ H_2$ কত সময় ধরে জারিত হলে উৎপন্ন তড়িৎ প্রবাহের গড় মান 950 Amp হবে? **উত্তর :** 13 মিনিট 32.63 সেকেন্ড।

৪. একটি হাইড্রোজেন ফুয়েল সেলে H_2 ও O_2 বিক্রিয়া করে বিদ্যুৎ উৎপন্ন করে। কোষের অ্যানোড তড়িৎদ্বারে H_2 ও ক্যাথোড তড়িৎদ্বারে O_2 জারিত হয়। 25°C তাপমাত্রায় 45 atm চাপে 3.75 mol H_2 গ্যাস 20 মিনিট ধরে বিক্রিয়া করলে উৎপন্ন তড়িৎ প্রবাহের গড় মান কত? উৎপন্ন তড়িতের সম্পূর্ণটাই $Ni(NO_3)_2$ দ্রবণ থেকে Ni ধাতু মুক্ত করতে ব্যবহৃত হলে মুক্ত Ni এর পরিমাণ নির্ণয় কর। (Ni = 58) **উত্তর :** 603.125 A, 217.5 g Ni।

৫. কোনো একটি ফুয়েল সেলের মধ্যে 1 atm চাপে 25 °C তাপমাত্রায় বিউটেন গ্যাসকে দহন করা হলো।

$C_4H_{10}(g) + \frac{13}{2} O_2(g) \rightarrow 4\ CO_2(g) + 5\ H_2O(l);\ \Delta G° = -2762\ kJ\ mol^{-1}$ হলে সেলের প্রমাণ তড়িচ্চালক বলের মান নির্ণয় কর। [**উত্তর :** + 1.094 V]

৬. একটি ফুয়েল সেলে মিথানল ($CH_3 - OH$) কে জ্বালানি হিসেবে এবং O_2 কে জারক হিসেবে ব্যবহার করা হয়।

$CH_3OH(l) + \frac{3}{2} O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2\ H_2O(l)$

25 °C তাপমাত্রায় CH_3OH, CO_2 ও H_2O এর প্রমাণ সংগঠন তাপ যথাক্রমে – 166, – 393.5 ও – 237 $kJ\ mol^{-1}$। যদি মিথানলের প্রমাণ দহন এনথালপির মান – 726 $kJ\ mol^{-1}$ হয়, তবে ফুয়েল সেলটির যান্ত্রিক দক্ষতা কত? [**উত্তর :** 96.625%]

৭. একটি জ্বালানি কোষে H_2 ও O_2 বিক্রিয়া করে তড়িৎ শক্তি উৎপন্ন করে। কোষের অ্যানোড তড়িদ্দ্বারে H_2 ও ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারে O_2 জারিত হয়। STP তে $67.2\ dm^3\ H_2$ 15 মিনিট ধরে বিক্রিয়া করলে উৎপন্ন তড়িৎ প্রবাহের গড় মান নির্ণয় কর। [**উত্তর :** 643.33 A]

৪.২৩ pH মিটারের সাহায্যে কোনো দ্রবণের pH নির্ণয়ের কৌশল

কোনো দ্রবণের pH মান নির্ণয়ের ক্ষেত্রে সাধারণ প্রচলিত পদ্ধতিগুলোকে দুটি শ্রেণিতে ভাগ করা যায়। যথা– (১) তড়িচ্চালক বল পদ্ধতি ও (২) এসিড-ক্ষার নির্দেশক ব্যবহারভিত্তিক পদ্ধতি। তড়িচ্চালক বল পদ্ধতি আবার চার প্রকার– (ক) হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার, (খ) কুইনহাইড্রোন তড়িৎদ্বার, (গ) কাচ তড়িৎদ্বার ও (ঘ) অক্সিজেন তড়িৎদ্বার পদ্ধতি। হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার দ্বারা দ্রবণের pH নির্ণয় অপেক্ষাকৃত উন্নত ও সুবিধাজনক বিধায় এ পদ্ধতির আলোচনা করা হলো।

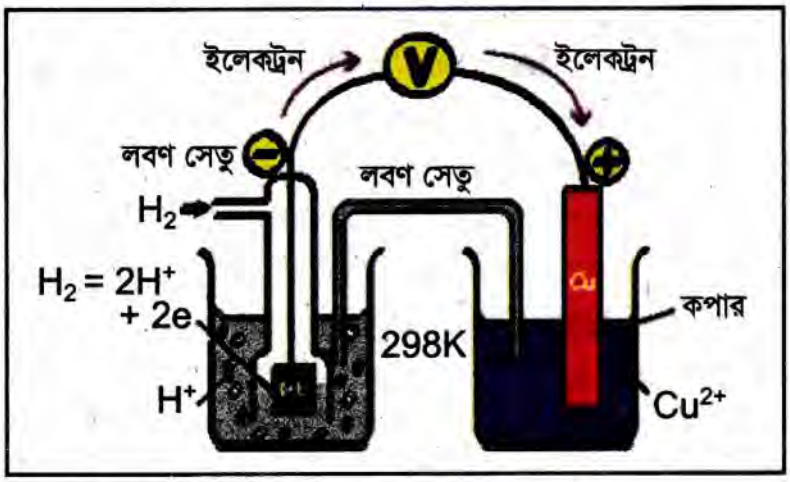
হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার দ্বারা দ্রবণের pH নির্ণয় :

১. যে দ্রবণের pH পরিমাপ করার প্রয়োজন তাকে একটি বিকারে নিয়ে এর মধ্যে প্লাটিনামের আবরণযুক্ত একটি পাত তড়িৎদ্বারে ডুবিয়ে দাও।

২. 1 atm চাপে বিশুদ্ধ H_2 গ্যাসকে পার্শ্বনল দিয়ে দ্রবণের ভিতর Pt পাতের গা বেয়ে পরিচালনা কর। প্লাটিনাম পাত H_2 গ্যাস ও দ্রবণের H^+ আয়নের পারস্পরিক সাম্যাবস্থা সৃষ্টি করে। ফলে তড়িৎদ্বারটি তখন একক হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের ন্যায় আচরণ করবে।

৩. একক হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারটিকে একটি নির্দেশক ইলেকট্রোড হিসেবে ক্যালোমেল ইলেকট্রোড এর সাথে KCl এর সম্পৃক্ত দ্রবণের মাধ্যমে যুক্ত কর। নিশ্চয়ই একটি পূর্ণ কোষ তৈরি হলো। KCl লবণের সেতুর মাধ্যমে ইলেকট্রোড দুটি যুক্ত করার ফলে কোনো তরল সন্ধি বিভরের সৃষ্টি হয় না।

৪. এবার পটেনশিওমিটারের সাহায্যে পূর্ণকোষের তড়িচ্চালক বল (EMF) নির্ণয় কর। এক্ষেত্রে হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভবের মান শূন্য ধরা হয়।



চিত্র ৪.৩৩ : হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার দ্বারা pH নির্ধারণ

গণনা : পূর্ণ কোষটি Pt, $\frac{1}{2}$ $H_2(g)$ / $H^+(aq)$ ‖ নির্দেশক ক্যালোমেল তড়িৎদ্বার।

বা, Pt, $\frac{1}{2}$ H_2 / $H^+(aq)$ ‖ Hg_2Cl_2 / Hg. Pt

25°C তাপমাত্রায় এ কোষের তড়িচ্চালক বল,

$E_{\text{কোষ}} = E_{Pt\ ^1/_2\ H_2\ /\ H^+} - E_{\text{(ক্যালোমেল, জারণ)}}$

(ক্যালোমেল তড়িৎদ্বারের জারণ-বিভবের মান নিতে হবে।

অথবা, $E_{\text{কোষ}} = E_{\text{ক্যালোমেল}} - E_{Pt,\ H^+\ ^1/_2\ H_2}$ হলে ক্যালোমেল তড়িৎদ্বার ও হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের বিজারণ। বিভব নিতে হবে।)

হাইড্রোজেন ইলেকট্রোডের বিভব : $E_H = E°_H - \frac{2.303RT}{nF} \log\left(\frac{H^+}{^1/_2\ H_2}\right)$

এখানে, H_2 গ্যাসের চাপ 1 atm. তাই $\frac{1}{2}$ $H_2 = 1$. এখানে, $E°_H = 0$ এবং $n = 1$.

$\therefore E_H = -\frac{2.303RT}{F} \log (H^+) = -0.05915 \log [H^+] = 0.05915\ pH.$

নির্দেশক তড়িৎদ্বার, ক্যালোমেল তড়িৎদ্বারের জারণ বিভব, E_{ref} হিসেবে ধরা হলে কোষের তড়িচ্চালক বলের মান,

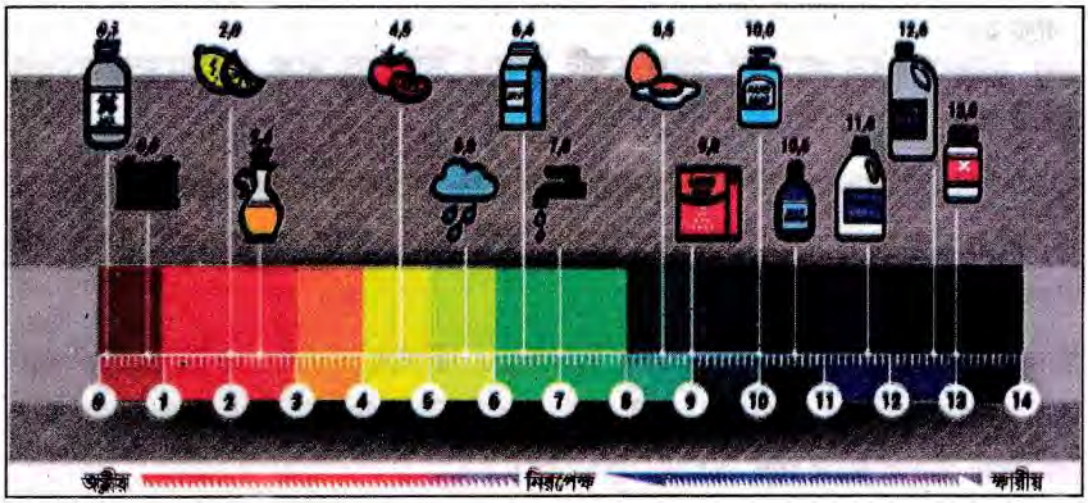
$E_{\text{কোষ}} = E_H - E_{ref} = 0.0592\ pH - E_{ref}$

বা, $0.05915\ pH = E_{\text{কোষ}} + E_{ref}$ $\quad \therefore pH = \frac{E_{\text{কোষ}} + E_{ref}}{0.05915}$

ক্যালোমেল তড়িৎদ্বারের প্রমাণ জারণ বিভবের মান − 0.3358 volt.

$\therefore pH = \frac{E_{\text{কোষ}} - 0.3358}{0.05915}$

এ সমীকরণ থেকেই পরীক্ষাধীন দ্রবণের pH মান হিসেব করা যায়।



চিত্র ৪.৩৪ : বিভিন্ন পদার্থের pH মান

pH মিটারের সাহায্যে দ্রবণের pH নির্ণয় :

মূলনীতি : বিজ্ঞানের ক্রমবর্ধমান উন্নতির সাথে সাথে প্রযুক্তিগত উন্নয়ন হয়েছে বিস্ময়করভাবে। কোনো পরীক্ষাধীন নমুনা দ্রবণের pH মান সরাসরি নির্ধারণের ক্ষেত্রে pH মিটার উদ্ভাবন করা হয়েছে। pH মিটার মূলত একটি তড়িৎ রাসায়নিক কোষ, যার দ্বারা কোনো নমুনা দ্রবণের pH মান সরাসরি স্বয়ংক্রিয়ভাবে নির্ণয় করা যায়। এতে রাখা হয় একটি জানা বিভববিশিষ্ট গ্লাস তড়িদ্দ্বার। এ গ্লাস তড়িদ্দ্বারকে নির্দিষ্ট pH মানের দ্রবণের মধ্যে ডুবানো হয়। গ্লাস তড়িদ্দ্বারের উপরিপৃষ্ঠের আবরণ বিশেষ ধরনের কাচের তৈরি। এতে 72% SiO_2, 22% Na_2O ও 6% CaO এর মিশ্রণ বর্তমান। এ জাতীয় গ্লাসের বিশেষত্ব হলো এর মধ্যদিয়ে H^+ আয়ন বাধাহীনভাবে চলাচল করতে পারে। pH মিটারের মধ্যে এমনভাবে একটি ডিভাইস থাকে যা পরীক্ষাধীন দ্রবণের H^+ আয়নের সাপেক্ষে সরাসরি ডিসপ্লেতে pH মান প্রদর্শন করে। যন্ত্রের সূক্ষ্ম ভোল্টমিটার কোষের e.m.f নির্ণয় করে সিগন্যাল প্রদান করে এবং ডাটা প্রসেসর e.m.f মানকে স্বয়ংক্রিয়ভাবে pH মানে রূপান্তর করে। অর্থাৎ ভোল্টমিটারের যান্ত্রিক ব্যবস্থা এমন যে, উহা রেকর্ডারে বিভবের মান না দেখিয়ে সরাসরি দ্রবণের pH এর মান নির্দেশ করে।

প্রয়োজনীয় রাসায়নিক উপাদান : বিভিন্ন নিম্ন মোলার ঘনমাত্রার HCl দ্রবণ। যেমন 1.0×10^{-4} M, 5.0×10^{-4} M, 1.0×10^{-3} M, 2.0×10^{-3} M এবং 5.0×10^{-3} M HCl দ্রবণ। অথবা এ ঘনমাত্রার সমতুল্য ঘনমাত্রার H_2SO_4 দ্রবণ অথবা NaOH দ্রবণ অথবা Na_2CO_3 দ্রবণ।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি : 250 mL বিকার (2টি), pH মিটার, ওয়াস বোতল, ব্যাটারি (বৈদ্যুতিক সংযোগের সুব্যবস্থা না থাকলে)।

পদ্ধতি :

১. pH মিটারটিকে বৈদ্যুতিক উৎসের সাথে যুক্ত করে যথারীতি বৈদ্যুতিক সংযোগ প্রদান কর। বৈদ্যুতিক সংযোগ পরীক্ষা করে নিশ্চিত হও সংযোগ ঠিকমতো হয়েছে কিনা।

২. একটি জানা pH মানের দ্রবণের মধ্যে গ্লাস তড়িদ্দ্বার ডুবিয়ে pH মিটারের রেকর্ডারকে প্রমিতকরণ করে নাও।

৩. পরীক্ষাধীন দ্রবণকে বিকারের মধ্যে নাও। এ দ্রবণের মধ্যে গ্লাস তড়িদ্দ্বারটিকে ডুবিয়ে pH মিটারের রেকর্ডারের পাঠ দেখে নাও। পাঠ স্থির মানে এলে দ্রবণের pH মান নির্ধারণ কর।

৪. গ্লাস তড়িদ্দ্বারকে পরীক্ষাধীন দ্রবণ থেকে তুলে এনে পাতিত পানি দ্বারা ভালোমতো ধুঁয়ে নিয়ে পুনরায় জানা ঘনমাত্রার দ্রবণের pH মান ব্যবহার করে তড়িদ্দ্বারকে প্রমিতকরণ (Callibrate) করে নাও।



চিত্র ৪.৩৫ : pH মিটার

৫. গ্লাস তড়িদ্দ্বারকে ২য় পরীক্ষাধীন দ্রবণের মধ্যে ডুবাও এবং pH মিটারের রেকর্ডারের পাঠ দেখে নিয়ে খাতায় নোট কর।
৬. একই পদ্ধতিতে আরও একটি পরীক্ষা সম্পন্ন কর।

সাবধানতা :

১. pH মিটারের বৈদ্যুতিক সংযোগ ভালোভাবে পরীক্ষা করে নিতে হবে।
২. পরীক্ষণীয় দ্রবণের pH নির্ণয়ের পূর্বে কয়েকটি জানা ঘনমাত্রার দ্রবণের pH মান নির্ণয় করে pH মিটারকে প্রমিতকরণ (Callibrate) করে নিতে হয়।
৩. প্রতিটি পরীক্ষণীয় দ্রবণের pH নির্ণয়ের পর গ্লাস তড়িদ্দ্বারকে পাতিত পানি দ্বারা ধুয়ে পরীক্ষা করে ব্যবহার উপযোগী করে নিতে হয়।

এ ব্যবহারিক পরীক্ষা শেষে আমরা শিখতে পারলাম–

১. গ্লাস তড়িদ্দ্বার (Glass electrode) : খুবই সংবেদনশীল পাতলা মেমব্রেন দ্বারা তৈরি বাল্বযুক্ত একটি কাচ নলে নির্দিষ্ট ঘনমাত্রার বিশেষ করে 0.1 M ঘনমাত্রার HCl দ্রবণ নেওয়া হয়। সিলভার ধাতুর তৈরি পাতকে কঠিন AgCl দ্বারা আবৃত করে (Coated) এ দ্রবণের মধ্যে ডুবিয়ে দেওয়া হয়। এ তড়িদ্দ্বারের মেমব্রেন তৈরি করা হয় 72% SiO_2, 22% Na_2O ও 6% CaO এর সমন্বয়ে। এ মেমব্রেনের ভিতর দিয়ে শুধু H^+ আয়ন চলাচল করতে পারে।

এ তড়িদ্দ্বারের গঠন : Ag(s) / AgCl(s) / HCl(0.1M), গ্লাস মেমব্রেন

২. নির্দেশক তড়িদ্দ্বার (Reference electrode) : কোনো তড়িদ্দ্বারের বিভবের মান এর পারিপার্শ্বিক দ্রবণের ঘনমাত্রার উপর নির্ভরশীল। কোনো একক তড়িদ্দ্বারের পক্ষে এ ধরনের বিভব সরাসরি পরিমাপ করা যায় না। কোনো একটি প্রমাণ তড়িদ্দ্বারের সাপেক্ষে কোনো একক তড়িদ্দ্বারের বিভবের মান নির্ণয় করার প্রয়োজন হয়। কোনো তড়িদ্দ্বারের বিভবের মান পরিমাপের উদ্দেশ্যে এর সাথে অপর যে প্রমাণ তড়িদ্দ্বার সংযোগ করে রাসায়নিক কোষ গঠন করা হয় তাকে নির্দেশ তড়িদ্দ্বার (Reference electrode) বলা হয়।

নির্দেশক তড়িদ্দ্বার দুই প্রকার। একটি প্রাইমারি নির্দেশক তড়িদ্দ্বার অপরটি সেকেন্ডারি নির্দেশক তড়িদ্দ্বার।

(iii) প্রাইমারি নির্দেশক তড়িদ্দ্বার (Primary reference electrode) : এ জাতীয় তড়িদ্দ্বারের বিভব সরাসরি নির্ণয় করা যায়। প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িদ্দ্বার একটি প্রাইমারি নির্দেশক তড়িদ্দ্বার 25°C তাপমাত্রায় ও 1 atm চাপে Pt পাতকে 0.1 M HCl দ্রবণে ডুবিয়ে ঐ দ্রবণে একই 1 atm চাপে H_2 গ্যাস চালনা করলে হাইড্রোজেন তড়িদ্দ্বারে উৎপন্ন হয়। প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িদ্দ্বারের বিভবের মান শূন্য ধরে নিয়ে এ সাপেক্ষে আপেক্ষিকভাবে অন্য সব তড়িদ্দ্বারের তড়িৎ বিভবের মানকে গণনা করা হয়।

হাইড্রোজেন তড়িদ্দ্বারের প্রকাশ : Pt, H_2(1 atm)/H^+(1.0 M), এবং তড়িদ্দ্বারের তড়িচ্চালক বল, E = 0।

(iv) সেকেন্ডারি নির্দেশক তড়িদ্দ্বার (Secondary reference electrode) : এ জাতীয় নির্দেশক তড়িদ্দ্বারের বিভব সরাসরি পরিমাপ করা যায় না। প্রাইমারি নির্দেশক তড়িদ্দ্বার ব্যবহার করে পূর্ণ কোষ গঠনের মাধ্যমে তড়িদ্দ্বার বিভবের মান নির্ণয় করা হয়। উদাহরণস্বরূপ : ক্যালোমেল ইলেকট্রোড, কুইন হাইড্রোন ইলেকট্রোড, সিলভার-সিলভার ক্লোরাইড তড়িদ্দ্বার ইত্যাদি। প্রকৃতপক্ষে প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িদ্দ্বারের বিকল্প ও পরিবর্তিত ব্যবহারিক তড়িদ্দ্বার হিসেবে একে ব্যবহার করা হয়।

ক্যালোমেল তড়িদ্দ্বারের প্রকাশ : Pt, Hg | Hg_2Cl_2 | KCl(1.0 M).

(v) দ্রবণের pH মান : কোনো দ্রবণের হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) তথা হাইড্রানিয়াম আয়ন [H_3O^+] এর ঘনমাত্রার ঋণাত্মক লগারিদম মানকে ঐ দ্রবণের pH বলা হয়।

$$pH = -\log_{10}[H^+] \text{ অথবা, } pH = -\log_{10}[H_3O^+]$$

এখানে, [H_3O^+] আয়নের ঘনমাত্রা g $ionL^{-1}$ বা $molL^{-1}$ এককে প্রকাশ করা হয়।

(vi) pH মিটার : pH মিটার কার্যত পক্ষে একটি তড়িৎ রাসায়নিক কোষ। একটি জানা বিভব মানসম্পন্ন গ্লাস তড়িদ্দ্বার এ একটি প্রমাণ ক্যালোমেল তড়িদ্দ্বারটি নির্দেশক তড়িদ্দ্বার হিসেবে কাজ করে। ভোল্টমিটারের দুই প্রান্তে তড়িদ্দ্বার দুটি যুক্ত থাকে। কোনো নমুনা দ্রবণের অম্লত্ব বা ক্ষারকত্ব তথা দ্রবণের pH মান নির্ধারণের অতি সহজ ও আধুনিক প্রচলিত পদ্ধতি।

(vii) গ্লাস ইলেকট্রোড pH মিটার (Glass electrode pH meter) : এ জাতীয় pH মিটারে ভোল্টমিটারের রেকর্ডারে ভোল্ট এককে বিভব প্রদর্শন না করে সরাসরি pH মানকে প্রদর্শন করা হয়।

একটি গ্লাস তড়িদদ্বার ও একটি প্রমাণ ক্যালোমেল তড়িদদ্বারের সমন্বয়ে এ জাতীয় তড়িৎ রাসায়নিক কোষ গঠন করা হয়। ক্যালোমেল তড়িদদ্বারটি নির্দেশক তড়িদদ্বার হিসেবে কাজ করে। দুটি তড়িদদ্বারকে ভোল্টমিটারের মাধ্যমে যুক্ত করা হয়। গ্লাস তড়িদদ্বারের গ্লাস ভাল্বটি বিশেষ কাচ দ্বারা তৈরি। এ কাচের মধ্যে 72% SiO_2, 22% Na_2O ও 6% CaO এর মিশ্রণ থাকে।

সাধারণভাবে একটি জানা pH মান যুক্ত দ্রবণে pH মিটারের গ্লাস ইলেকট্রোড ডুবিয়ে রেকর্ডারকে প্রমিতকরণ করে নিতে হয়। পরে অজানা pH মান যুক্ত নমুনা দ্রবণের মধ্যে গ্লাস তড়িদদ্বারটিকে ডুবিয়ে রেকর্ডারের পাঠ থেকে সরাসরি দ্রবণের pH মানকে নির্ধারণ করা হয়।

pH মিটারের তড়িৎ রাসায়নিক কোষটিকে নিম্নোক্তভাবে প্রকাশ করা যায় :

$Ag_{(s)}|AgCl_{(s)}|(1.0\ M)\ HCl|$ পরীক্ষাধীন নমুনা দ্রবণ$|\ KCl\ (1.0\ M)|\ Hg_2Cl_{2(s)}|Hg.$

পরীক্ষাধীন নমুনা দ্রবণের pH মান নির্ণয়ের ক্ষেত্রে pH মিটারের গ্লাস ভাল্বটি প্রমিতকরণ করে সরাসরি দ্রবণের মধ্যে ডুবিয়ে দেওয়া হয়। ভোল্টমিটারের রেকর্ডারের ডিসপ্লে থেকে সরাসরি দ্রবণের pH মানকে দেখে নেওয়া হয়।

(viii) pH মিটার যেভাবে ক্যালিব্রেট করতে হয় : কোনো নমুনা দ্রবণের pH মানকে নির্ভুলভাবে পরিমাপের ক্ষেত্রে অবশ্যই pH মিটারের গ্লাস ভাল্বটিকে তথা pH মিটারকে ক্যালিব্রেট করার প্রয়োজন হয়। ক্যালিব্রেটের জন্য 4, 7 ও 10 pH মানের তিনটি আদর্শ বাফার দ্রবণকে তৈরি করে নেওয়া হয়। গ্লাস তড়িদদ্বারের গ্লাস ভাল্বটিকে পাতিত পানি দ্বারা ভালমতো ধুয়ে শুষ্ক করে নেওয়া হয়। প্রথমে pH = 7 মানের বাফার দ্রবণের গ্লাস ভাল্বটিকে ডুবিয়ে প্রমিতকরণ করে নেওয়া হয়। অতঃপর একইভাবে pH = 4 এবং pH = 10 মানের বাফার দ্রবণের সাহায্যে একইভাবে প্রমিতকরণ করে নেওয়া হয়। তিনটি দ্রবণ দ্বারা প্রমিতকরণ শেষে pH মিটারটি নমুনা দ্রবণের pH মান নির্ধারণের জন্য সম্পূর্ণভাবে তৈরি হয়েছে বলে ধরা হয়।

সারসংক্ষেপ

ক্যাথোড : এর মাধ্যমে ইলেকট্রন ব্যাটারি থেকে দ্রবণে প্রবেশ করে। এটি ঋণাত্মক তড়িৎদ্বার।

অ্যানোড : এর মাধ্যমে ইলেকট্রন দ্রবণ ছেড়ে চলে যায়। এটি ধনাত্মক তড়িৎদ্বার।

এক ফ্যারাডে : এক মোল ইলেকট্রনের মোট চার্জই এক ফ্যারাডে। এর মান 96500C।

তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক : এক অ্যাম্পিয়ার মাত্রার বিদ্যুৎ এক সেকেন্ড সময় ধরে প্রবাহিত করলে তড়িৎদ্বারে উৎপন্ন বা সঞ্চিত পদার্থের পরিমাণকে তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক বলে।

মৌলের সক্রিয়তা : যে মৌলের ইলেকট্রন ত্যাগের প্রবণতা যতো বেশি তার জারণ বিভবের মান ততো কম এবং মৌল ততো বেশি সক্রিয়। আর যে মৌলের ইলেকট্রন ত্যাগের প্রবণতা যতো কম তার জারণ বিভবের মান ততো বেশি এবং মৌলটি ততো কম সক্রিয়।

জারণ তড়িৎদ্বার : অ্যানোড তড়িৎদ্বারকে জারণ তড়িৎদ্বার বলা হয়ে থাকে।

ধাতুর সক্রিয়তার সিরিজ : ধাতুসমূহের ইলেকট্রন ত্যাগের প্রবণতার ক্রমানুসারে ওপর থেকে নিচের দিকে একটি সিরিজে সাজানো হয়; এ সিরিজকে সক্রিয়তার সিরিজ বলে।

কোষ বিভব : জারণ তড়িৎদ্বার ও বিজারণ তড়িৎদ্বারের বিভব পার্থক্যই কোষ বিভব।

লবণ সেতু : দুটি অর্ধকোষের মধ্যে পরোক্ষ সংযোগের জন্য একটি বিশেষ ধরনের তড়িৎ বিশ্লেষ্য যেমন KCl, KNO_3, NH_4NO_3 ইত্যাদির আগার মিশ্রিত দ্রবণ ভর্তি U আকৃতির কাচ নলের উভয় মুখ তুলা দ্বারা বন্ধ করে অর্ধকোষদ্বয়ের মধ্যে উল্টোভাবে ডুবিয়ে রাখা হয়। একে লবণ সেতু বলে।

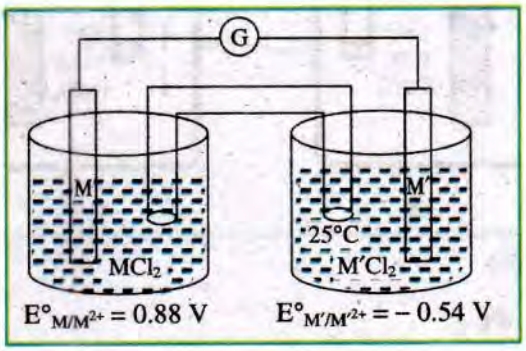
ডিসচার্জ : কোষ বা ব্যাটারির ব্যবহারের সময় রাসায়নিক শক্তি বিদ্যুৎ শক্তিতে পরিণত হওয়াকে ডিসচার্জ বলে।

ফুয়েল সেল : ফুয়েল সেল হলো উন্নত মানের আধুনিক গ্যালভানিক কোষ। এ সেলের ফুয়েল হিসেবে H_2 গ্যাস, মিথানল, অক্সিজেন, গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বন ইত্যাদিকে ব্যবহার করা হয়। এ সেলে তড়িৎ রাসায়নিক Device থাকে যা রাসায়নিক শক্তিকে তড়িৎশক্তিতে রূপান্তরিত করে।

অনুশীলনী ০৪ ▶ এ অধ্যায়ের নির্বাচিত প্রশ্নাবলি

সৃজনশীল প্রশ্ন (Creative Questions)

১।



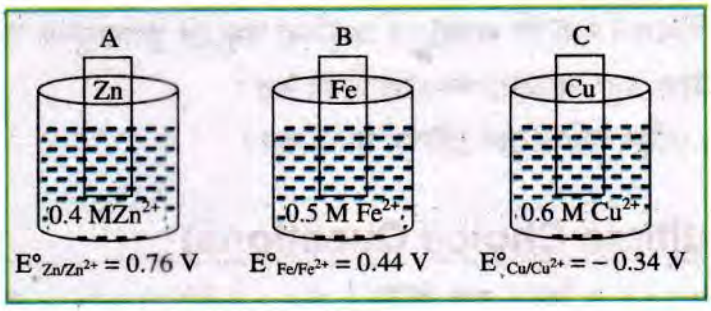
ক. তড়িৎ রাসায়নিক সারি কী? ১

খ. প্রমাণ H-তড়িদ্দ্বার কী? ২

গ. উদ্দীপকের তড়িৎ রাসায়নিক কোষের প্রমাণ তড়িচ্চালক বল গণনা কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের বিজারণ অর্ধকোষে বিদ্যমান তড়িৎবিশ্লেষ্য লোহার পাতে রাখা যাবে কিনা গাণিতিকভাবে হিসাব করে বিশ্লেষণ কর। ($E°_{Fe/Fe^{2+}} = +0.44V$) ৪

২।



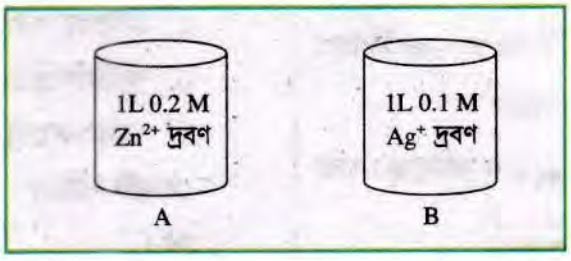
ক. তড়িৎবিশ্লেষ্য কী? ১

খ. লিথিয়াম ব্যাটারির চার্জিং ও ডিসচার্জিং ব্যাখ্যা কর। ২

গ. B অর্ধকোষ থেকে C অর্ধকোষে 2 কুলম্ব বিদ্যুৎ প্রবাহিত করলে কত গ্রাম ধাতু সঞ্চিত হবে? ৩

ঘ. উদ্দীপকের কোন দুটি অর্ধকোষ দ্বারা সৃষ্ট কোষের EMF এর মান সবচেয়ে অধিক বিশ্লেষণ কর। ৪

৩।



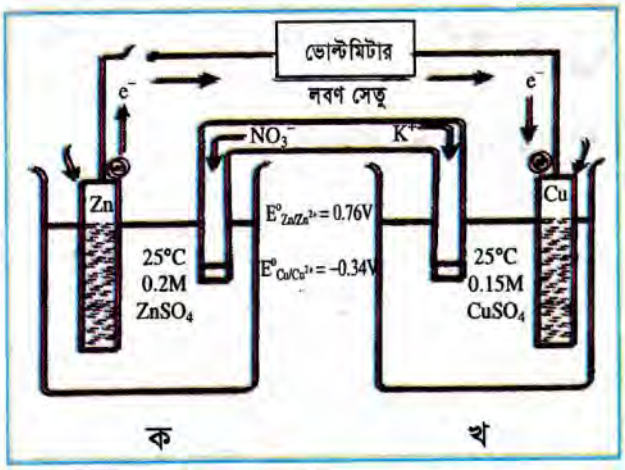
ক. তড়িৎপ্রবাহ কী? ১

খ. লেড সঞ্চয়ী কোষের অসুবিধাগুলো কী কী? ২

গ. উদ্দীপকের A পাত্রের ধাতব আয়নের অর্ধেক পরিমাণকে 30 মিনিটের মধ্যে তড়িদ্দ্বারে সঞ্চিত করতে কত অ্যাম্পিয়ার তড়িৎপ্রবাহের প্রয়োজন? ৩

ঘ. A ও B পাত্রে যথাক্রমে Zn ও Ag তড়িদ্দ্বার ও লবণ সেতু দ্বারা সংযুক্ত করলে স্বতঃস্ফূর্তভাবে তড়িৎপ্রবাহ ঘটবে কি? বিশ্লেষণ কর। ৪

৪। নিচের উদ্দীপকটি লক্ষ কর–



ক. হাইড্রোজেন ফুয়েল সেল কী? ১

খ. লবণ সেতুর গুরুত্ব উল্লেখ কর। ২

গ. উদ্দীপকের কোষটির তড়িচ্চালক বলের মান হিসাব কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের খ পাত্রটি দস্তা নির্মিত হলে কোষটি দীর্ঘ সময় সংরক্ষণের ক্ষেত্রে তোমার মতামত বিশ্লেষণ কর। ৪

৫। $Ag(s) / Ag^+(aq)$; $E°_{Ag^+/Ag} = + 0.799$ V এবং
$Cu(s) / Cu^{2+}(aq)$ (0.01 M) ; $E°_{Cu^{2+}/Cu} = + 0.338$ V
25 °C তাপমাত্রায় তড়িৎদ্বার দুটি দ্বারা গঠিত গ্যালভানিক কোষটির তড়িৎচালক বলের মানগুলো।

ক. pH মিটার কী? ১

খ. লেড স্টোরেজ ও লিথিয়াম ব্যাটারি ব্যবহারের অসুবিধা সমূহের তুলনামূলক আলোচনা কর। ২

গ. গ্যালভানিক কোষটিতে Ag^+ আয়নের ঘনমাত্রা নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের কোষের তড়িৎ পরিবহনের কৌশল বর্ণনা কর। ৪

বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Multiple Choice Questions)

১। H_2SO_4 মিশ্রিত জলীয় দ্রবণে 4.5 A বিদ্যুৎ কত মিনিট ধরে চালনা করলে 1.0 g পানি বিয়োজিত?

ক 25.25 খ 37.95
গ 39.71 ঘ 49.65

২। ক্যাথোড তড়িদ্বারে ঘটে–

ক ধাতব আয়নের আগমন খ ধাতব আয়নের নির্গমন
গ বিজারণ ঘ জারণ

৩। $E°_{Cu/Cu^{2+}} = - 0.34$ V ও $E°_{Pt\,\frac{1}{2}H_2/H^+} = 0$ তড়িদ্দ্বার দ্বারা গঠিত তড়িৎ রাসায়নিক কোষের সংকেত–

ক $Cu(g)/Cu^{2+}(aq) \| H^+(aq)/\frac{1}{2}H_2, Pt$
খ $Cu(s)/Cu^{2+}(aq) \| H^+(aq)/H_2(1\ atm), Pt$
গ $Pt, H_2(1\ atm)/H^+(aq) \| Cu^{2+}(aq)/Cu(s)$
ঘ $Pt, H_2/H^+(aq) \| Cu^{2+}(aq)/Cu$

৪। $Zn^{2+}(aq) + 2e \rightarrow Zn(s)$; এ বিক্রিয়ায় 1.0 g Zn ধাতু উৎপাদনে প্রয়োজনীয় তড়িতের পরিমাণ কত কুলম্ব?

ক 1475.98 খ 2951.97
গ 5903.95 ঘ 11807.89

৫। ফ্যারাডের সূত্রকে প্রভাবিত করে–

i. মৌলের পরমাণুর সক্রিয়তা
ii. তড়িৎবিশ্লেষ্যের ঘনমাত্রা
iii. তড়িৎবিশ্লেষ্য দ্রবণের তাপমাত্রা

কোনটি সঠিক?

ক i খ i ও ii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

৬। $Fe(s)/Fe^{2+}(aq)$ (1.0 M) ‖ $Cu^{2+}(aq)(1.0M)/Cu(s)$ কোষটির ক্যাথোডের বিক্রিয়া–

ক $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e$ খ $Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e$
গ $Fe^{2+} + 2e \rightarrow Fe$ ঘ $Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu$

৭। $Ni(s)/Ni^{2+}(0.15\ M) \parallel Ag^{+}(0.2M)/Ag(s)$ কোষের তড়িচ্চালক বল কত? যেখানে $E°_{Ag^+/Ag} = 0.799\ V$; $E°_{Ni^{2+}/Ni} = -0.25\ V$।

ক 0.549 V খ 1.049 V
গ 1.059 V ঘ 1.0659 V

৮। লিথিয়াম ব্যাটারিতে তড়িৎবিশ্লেষ্য হিসেবে ব্যবহৃত হয়–

i. $LiClO_4$
ii. $LiCoO_2$
iii. $LiAsF_6$

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i খ i ও ii গ i ও iii ঘ ii ও iii

৯। হাইড্রোজেন ফুয়েল সেলের ক্ষেত্রে প্রয়োজ্য উক্তি হলো–

i. অ্যানোড তড়িদ্দ্বারে ইলেকট্রন উৎপন্ন হয়
ii. অবিরাম জ্বালানি সরবরাহ করতে হয়
iii. তাপমাত্রা গুণাঙ্ক ধনাত্মক হলে কোষের দক্ষতা 100% এর অধিক হয়

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i ও ii খ ii ও iii গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

১০। যে তড়িদ্দ্বার দিয়ে ইলেকট্রন দ্রবণে প্রবেশ করে তাকে কী বলা হয়?

ক অ্যানোড খ ক্যাথোড
গ ধনাত্মক তড়িদ্দ্বার ঘ পরিবাহী তড়িদ্দ্বার

১১। Al, Cu, Ag ও Cr ধাতু চারটির সক্রিয়তার সঠিক ক্রম–

ক Al > Ag > Cr > Cu খ Al > Ag > Cu > Cr
গ Al > Cr > Cu > Ag ঘ Cr > Al > Ag > Cu

নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং ১২ ও ১৩ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

একটি তড়িৎ রাসায়নিক কোষের গঠন হচ্ছে, 1 M $NiCl_2$ দ্রবণে Ni ধাতুর পাত এবং 1 M $ZnCl_2$ দ্রবণে Zn ধাতুর পাত ডুবানো। উভয় অর্ধকোষ একটি লবণ সেতু দ্বারা সংযুক্ত। 25°C তাপমাত্রায় Ni^{2+} ও Zn^{2+} এর বিজারণ বিভব যথাক্রমে – 0.25 V ও – 0.76 V।

১২। সৃষ্ট কোষের প্রমাণ কোষ বিভবের মান–

ক 1.01 V খ 0.15 V
গ – 0.51 V ঘ – 1.01 V

১৩। উল্লিখিত কোষের ক্যাথোড তড়িদ্দ্বারের বিক্রিয়া হলো–

ক $Zn^{2+} + 2e \rightarrow Zn$ খ $Ni^{2+} + 2e \rightarrow Ni$
গ $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e$ ঘ $Ni \rightarrow Ni^{2+} + 2e$

১৪। তিনটি ধাতব ক্যাটায়ন A, B ও C এর প্রমাণ বিজারণ বিভবের মান যথাক্রমে + 0.799 V, – 3.045 V ও – 0.44 V হলে মৌলগুলোর বিজারণ ক্ষমতার সঠিক ক্রম হলো–

ক A > B > C খ C > B > A
গ C > A > B ঘ B > C > A

১৫। Fe^{2+}/Fe ও Fe^{3+}/Fe^{2+} তড়িৎদ্বার দুটি প্রমাণ বিজারণ বিভবের মান যথাক্রমে – 0.44 V ও + 0.77V। যদি Fe^{2+}, Fe^{3+} কে Fe এর ব্লকে এক সাথে রাখা হয়। তবে–

ক Fe^{2+} এর পরিমাণ হ্রাস পাবে
খ Fe^{3+} এর পরিমাণ হ্রাস পাবে
গ Fe^{3+} এর পরিমাণ বৃদ্ধি পাবে
ঘ Fe^{2+} ও Fe^{3+} এর পরিমাণ অপরিবর্তিত থাকবে

১৬। 25°C তাপমাত্রায় Fe ও Ag এর প্রমাণ বিজারণ বিভবের মান $Fe^{2+} + 2e \rightarrow Fe$, $E° = -0.44\ V$
এবং $Ag^{+} + e \rightarrow Ag$, $E° = +0.80\ V$।
নিচের কোন বিক্রিয়াটি ঘটবে?

ক $Fe^{2+}(aq) + 2Ag(s) \rightarrow Fe(s) + 2Ag^{+}(aq)$
খ $= Fe(s) + 2Ag^{+}(aq) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2Ag(s)$
গ $Fe^{2+}(aq) + 2Ag^{+}(aq) \rightarrow Fe(s) + 2Ag(s)$
ঘ $Fe(s) + 2Ag(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2Ag^{+}(aq)$

১৭। দুটি অর্ধকোষ বিক্রিয়া এবং তাদের প্রমাণ বিজারণ বিভবের মান নিচে উল্লেখ করা হলো–

(i) $Ni^{2+} + 2e \rightarrow Ni$ $(E° = -0.25\ V)$
(ii) $Ag^{+} + e \rightarrow Ag$ $(E° = +0.80\ V)$

এক্ষেত্রে নিচের কোন বিক্রিয়াটি ঘটবে?

ক $Ni^{2+} + 2Ag \rightarrow 2Ag^{+} + Ni$
খ $Ni^{2+} + H_2 \rightarrow 2H^{+} + Ni$
গ $2H^{+} + 2Ag \rightarrow 2Ag^{+} + H_2$
ঘ $2Ag^{+} + Ni \rightarrow 2Ag + Ni^{2+}$

১৮। নিচের উক্তিগুলো ভালভাবে পড়ো–

(i) লেড সঞ্চয়ী কোষের ক্যাথোড তড়িৎদ্বারের বিক্রিয়া : $PbO_2 + SO_4^{2-} + 4H^{+} + 2e \rightarrow PbSO_4 + 2H_2O$
(ii) হাইড্রোজেন ফুয়েল সেলের ক্যাথোড তড়িৎদ্বারের বিক্রিয়া : $2H_2O(l) + 2H^{+}(aq) + 4e \rightarrow 2OH^{-}(aq) + 2H_2(g)$
(iii) লিথিয়াম কোষের ক্যাথোড তড়িৎদ্বারের বিক্রিয়া : $MnO_2(s) + Li^{+} + e \rightarrow LiMnO_2(s)$

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i ও ii খ i ও iii গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

১৯। নিচের উক্তিগুলো ভালোভাবে লক্ষ কর–

(i) লেড সঞ্চয়ী কোষের অ্যানোড তড়িৎদ্বারের বিক্রিয়া : $Pb(s) + SO_4^{2-}(aq) \rightarrow PbSO_4(s) + 2e$
(ii) হাইড্রোজেন ফুয়েল সেলের অ্যানোড তড়িৎদ্বারের বিক্রিয়া : $2H_2(g) + 4OH^{-}(aq) \rightarrow 4H_2O(l)$
(iii) লিথিয়াম কোষের অ্যানোড তড়িৎদ্বারের বিক্রিয়া : $Li(s) \rightarrow Li^{+} + e$

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

২০। $H_2 - O_2$ ফুয়েল সেলে নিচের বিক্রিয়া দুটি সংঘটিত হয়–

(i) $4H^+(aq) + O_2 + 4e \rightarrow 2H_2O(l)$, $E^\circ = 1.229$ V

(ii) $2H_2 \rightarrow 4H^+ + 4e$, $E^\circ = 0.00$V

কোষটির মধ্যে প্রমাণ মুক্ত শক্তির পরিবর্তন হলো–

ক – 118.6 kJ খ – 237.197 kJ

গ – 474.39 kJ ঘ – 948.788 kJ

২১। $Zn(s) + Cl_2\ (1\ atm) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2Cl^-(aq)$

এ বিক্রিয়ার তড়িৎ রাসায়নিক কোষের প্রমাণ তড়িৎচালক বল $E^\circ_{\text{কোষ}} = 2.12$ V। যদি কোষের তড়িৎচালক বলের মান বাড়াতে হয় তবে–

ক Zn^{2+} আয়নের ঘনমাত্রাকে বাড়াতে হবে

খ Zn^{2+} আয়নের ঘনমাত্রাকে কমাতে হবে

গ Cl^- আয়নের ঘনমাত্রাকে বাড়াতে হবে

ঘ Cl_2 গ্যাসের আংশিক চাপের মানকে বাড়াতে হবে

২২। নিচের কোষ তিনটি লক্ষ কর–

(i) $Zn/Zn^{2+}(1M) \parallel Cu^{2+}(1M) / Cu$

(ii) $Zn/Zn^{2+}(0.1M) \parallel Cu^{2+}(1M)/Cu$

(iii) $Zn/Zn^{2+}(1M) \parallel Cu^{2+}(0.1M)/Cu$

এ কোষ তিনটির তড়িৎচালক বলের মান যথাক্রমে E_1, E_2 ও E_3 হলে নিচের কোন শর্তটি সঠিক?

ক $E_1 > E_2 > E_3$ খ $E_3 > E_2 > E_1$

গ $E_2 > E_1 > E_3$ ঘ $E_3 > E_1 > E_2$

২৩। নিচে উল্লিখিত দ্রবণগুলোর মধ্যে কোনটির তড়িৎ পরিবহন ক্ষমতা সবচেয়ে অধিক?

ক 0.1 M HCl খ 0.1 M $CH_3 - COOH$

গ 0.1 M H_3BO_3 ঘ 0.1 M H_3PO_4

২৪। আয়নিক যৌগের কেলাস তড়িৎ পরিবহন করে না। কারণ–

ক আয়নিক যৌগের উচ্চ গলনাঙ্ক ও উচ্চ স্ফুটনাঙ্ক

খ আয়নিক যৌগের বন্ধনের কোনো নির্দিষ্ট দিক থাকে না

গ আয়নিক যৌগগুলো পোলার দ্রাবকে দ্রবণীয়

ঘ বিপরীত আধানযুক্ত আয়নগুলো সঞ্চারণশীল হয় না

২৫। Pt তড়িৎদ্বারের উপস্থিতিতে NaCl এর লঘু দ্রবণে তড়িৎ বিশ্লেষণ করলে–

ক ক্যাথোড তড়িৎদ্বারে Na ও অ্যানোড তড়িৎদ্বারে Cl_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়

খ ক্যাথোডে তড়িৎদ্বারে H_2 ও অ্যানোড তড়িৎদ্বার O_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়

গ ক্যাথোড তড়িৎদ্বারে Na ও অ্যানোড তড়িৎদ্বারে O_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়

ঘ ক্যাথোড তড়িৎদ্বারে H_2 ও অ্যানোড তড়িৎদ্বারে Cl_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়

২৬। নিচের কোন দ্রবণের মধ্যে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করলে ক্যাথোডে H_2 ও অ্যানোডে Cl_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়?

ক $CuCl_2$ এর জলীয় দ্রবণে খ NaCl এর লঘু দ্রবণে

গ NaCl এর গাঢ় দ্রবণে ঘ $ZnCl_2$ এর লঘু দ্রবণে

২৭। নিচের বিক্রিয়াগুলোর মধ্যে কোনটি অ্যানোড তড়িৎদ্বারে ঘটে?

ক $F_2 \rightarrow 2F^-$

খ $2H^+ + {}^1/_2O_2 \rightarrow H_2O$

গ $2Cr^{3+} + 7H_2O \rightarrow Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e$

ঘ $Na^+ + e + Hg \rightarrow NaHg$

২৮। ফ্যারাডের সূত্র নিচের কোনটির সাথে সম্পর্কযুক্ত?

ক অ্যানায়নের আধান

খ ক্যাটায়নের পারমাণবিক সংখ্যা

গ তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থের তুল্য ভর

ঘ অ্যানায়ন ও ক্যাটায়নের আধান

২৯। Sn^{4+} আয়ন দ্বারা পরিবাহিত তড়িতের পরিমাণ–

ক 1.602×10^{-19} C খ 3.204×10^{-19} C

গ 6.408×10^{-14} C ঘ 3.204×10^{-18} C

৩০। এক মোল তড়িৎ হলো–

ক 1 কুলম্ব তড়িৎ খ 1 ফ্যারাডে তড়িৎ

গ 0.1 কুলম্ব তড়িৎ ঘ 0.1 ফ্যারাডে তড়িৎ

৩১। লঘু H_2SO_4 যুক্ত পানিতে 5 amp তড়িৎ 5 মিনিট 20 সেকেন্ড ধরে চালনা করলে প্রমাণ অবস্থায় উৎপন্ন O_2 গ্যাসের আয়তন–

ক 92.85 cm^3 খ 139.27 cm^3

গ 185.70 cm^3 ঘ 220.95 cm^3

৩২। নিচের আয়নগুলোর মধ্যে কোনটির ক্ষেত্রে আধান প্রশমিত হওয়ার সময় সবচেয়ে অধিক সংখ্যক ইলেকট্রনের অংশগ্রহণ ঘটে?

ক 5 g Cl^- খ 5 g O^{2-}

গ 5 g N^{3-} ঘ 5 g Al^{3+}

উত্তরমালা

১	গ	২	ক	৩	গ	৪	খ	৫	ক	৬	ঘ	৭	ঘ	৮	গ	৯	ঘ	১০	খ	১১	গ	১২	খ	১৩	খ
১৪	ঘ	১৫	খ	১৬	খ	১৭	ঘ	১৮	খ	১৯	ঘ	২০	গ	২১	খ	২২	গ	২৩	ক	২৪	ঘ	২৫	খ	২৬	গ
২৭	গ	২৮	গ	২৯	গ	৩০	খ	৩১	ক	৩২	গ														

অধ্যায় ০৫

অর্থনৈতিক রসায়ন
Economical Chemistry

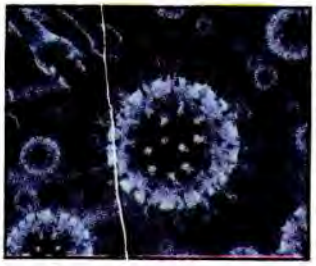

রিচার্ড ফেইনম্যান কুদরত-ই-খুদা

ভূমিকা (Introduction)

বাংলাদেশের খনিজ সম্পদের মধ্যে প্রাকৃতিক গ্যাস ও কয়লা অন্যতম। এ দুটি উপাদান জ্বালানি হিসেবে শিল্পে, বিদ্যুৎকেন্দ্রে ও গৃহে মুখ্য ভূমিকা পালন করে আমাদের জাতীয় অর্থনীতির মেরুদণ্ড হিসেবে কাজ করেছে। যেসব বস্তু বায়ুর অক্সিজেনে দহনের ফলে প্রচুর তাপশক্তি উৎপন্ন করে তাদেরকে সাধারণত জ্বালানি বলে। উৎস অনুসারে জ্বালানিগুলোকে দুটি শ্রেণিতে ভাগ করা যায়। একটি জৈব জ্বালানি ও অপরটি অজৈব জ্বালানি। জৈব জ্বালানির উদাহরণ হিসেবে প্রাকৃতিক গ্যাস, কয়লা, পেট্রোলিয়াম জাতীয় তরল, কাঠ, কোল গ্যাস ইত্যাদি। অজৈব জ্বালানি হিসেবে S, P, Al, CaI_2 ইত্যাদি ব্যবহৃত হয়ে থাকে।

দ্রুত অর্থনৈতিক উন্নয়নের জন্য শিল্পায়নের কোনো বিকল্প নেই। জ্বালানির সহজ প্রাপ্যতা ও মূল্য এক্ষেত্রে বিশেষ ভূমিকা রাখে। প্রাকৃতিক গ্যাস ও কয়লার উপর ভিত্তি করে দেশে অনেক শিল্প কারখানা গড়ে উঠেছে। দুঃখের বিষয় অনেক শিল্প উদ্যোক্তা ব্যক্তি উদ্যোগে অনেক নতুন শিল্প কারখানা প্রতিষ্ঠিত করলেও জ্বালানির অভাবে বিশেষ করে গ্যাস সংযোগের অভাবের কারণে এ শিল্প ইউনিটগুলো এখনও উৎপাদনে যেতে পারছে না






শিখনফল (Learning Outcomes)

অধ্যায়টি অনুশীলন শেষে শিক্ষার্থীরা–

- বাংলাদেশের প্রাকৃতিক গ্যাস ক্ষেত্র, গ্যাসের উপাদান ও ব্যবহার বর্ণনা করতে পারবে।
- বাংলাদেশের কয়লা ক্ষেত্র, কয়লার মান ও ব্যবহার বর্ণনা করতে পারবে।
- জ্বালানি সম্পদের প্রেক্ষিতে বাংলাদেশে শিল্পায়নের সম্ভাবনা বিশ্লেষণ করতে পারবে।
- বাংলাদেশের উল্লেখযোগ্য রসায়ন শিল্পের পরিচিতি বর্ণনা করতে পারবে।
- ইউরিয়া, কাচ, সিরামিক, পাল্প-পেপার ও সিমেন্ট উৎপাদনের মূলনীতি ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- চামড়া টেনিং এর মূলনীতি ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- সিমেন্ট, ইউরিয়া, চামড়া, টেক্সটাইল ও ডায়িং শিল্পের দূষকসমূহের বর্ণনা করতে পারবে।
- বায়ু দূষণ নিয়ন্ত্রণ কৌশলের (প্রভাবকীয় রূপান্তর, দ্রবীভূতকরণ ও সূক্ষ্ম ছাঁকনি) মূলনীতি ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- ইটিপি'র কার্যপ্রণালির মূলনীতি (তড়িৎ বিশ্লেষণ, প্রভাবন ও জীব প্রযুক্তি) ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- আয়রন, অ্যালুমিনিয়াম, কপার, কাচ ও প্লাস্টিক রিসাইকেল প্রণালি ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- সামাজিক ও পরিবেশ ক্ষেত্রে আয়রন, অ্যালুমিনিয়াম, কপার, কাচ, পেপার ও প্লাস্টিক রিসাইকেলের গুরুত্ব বিশ্লেষণ করতে পারবে।
- ইট খোলার বায়ু দূষণ পর্যবেক্ষণ করে প্রতিবেদন প্রণয়ন করতে পারবে।
- কয়লাভিত্তিক বিদ্যুৎকেন্দ্রের সুবিধা অসুবিধা বিশ্লেষণ করতে পারবে।
- ন্যানো পার্টিক্যাল ও ন্যানো প্রযুক্তির প্রাথমিক ধারণা বর্ণনা করতে পারবে।
- পরমাণু, অণু ও ন্যানো পার্টিক্যালের তুলনা করতে পারবে।
- পদার্থের স্বাভাবিক অবস্থা ও ন্যানো কণার ভৌত ধর্মের তুলনা করতে পারবে।
- শিল্পে ন্যানো পার্টিক্যাল ব্যবহারের সম্ভাবনা বিশ্লেষণ করতে পারবে।

প্রধান শব্দ (Key words) : ➤ প্রাকৃতিক গ্যাস ➤ গ্যাস ফিল্ড ➤ জ্বালানি ➤ কয়লা ➤ LPG ➤ LNG ➤ CNG ➤ Condensate ➤ নবায়নযোগ্য জ্বালানি ➤ শিল্প ➤ সার ➤ কাচ ➤ সিরামিক ➤ পাল্প ➤ সিমেন্ট ➤ টেনিং ➤ পিকলিং ইটিপি ➤ রিসাইকেল।

৫.১ বাংলাদেশের প্রাকৃতিক গ্যাস ক্ষেত্র, গ্যাসের উপাদান ও ব্যবহার

(Natural Gas Field in Bangladesh, Component of Gases and Its Uses)

বাংলাদেশে আবিষ্কৃত গ্যাস ক্ষেত্রসমূহ দেশের উত্তর পূর্বাংশে, পূর্বাংশে, দক্ষিণ-পূর্বাংশে ও দক্ষিণ-পশ্চিমাংশের বিস্তৃত এলাকা জুড়ে অবস্থিত। এ গ্যাস ক্ষেত্রগুলোর বেশিরভাগ সিলেট বিভাগে অবস্থিত। বাকিগুলো চট্টগ্রাম, ঢাকা ও বরিশালে অবস্থিত। নিম্নে গ্যাস ক্ষেত্রগুলোর সংক্ষিপ্ত পরিচয় উল্লেখ করা হলো–

১. **সিলেট গ্যাস ফিল্ড :** সিলেটের হরিপুর নামক স্থানে 1955 সালে সর্ব প্রথম এ গ্যাসফিল্ড আবিষ্কৃত হয়। এ গ্যাস ফিল্ডে উত্তোলনযোগ্য মজুদ গ্যাসের পরিমাণ 256.5 বিলিয়ন ঘনফুট। এ গ্যাস ফিল্ড হতে গ্যাস ফেঞ্চুগঞ্জ সার কারখানার কাঁচামাল ও জ্বালানি হিসেবে ব্যবহৃত হয়। সিলেট শহরে এ গ্যাস সরবরাহ করা হয়। 2011-12 অর্থ বছরে উত্তোলিত গ্যাসের পরিমাণ 9 MMCF।

২. **ছাতক গ্যাস ফিল্ড :** এটি সুনামগঞ্জ জেলায় অবস্থিত। এ গ্যাস ফিল্ড 1959 সালে আবিষ্কৃত হয়। এর উত্তোলনযোগ্য মজুদ গ্যাসের পরিমাণ 473 বিলিয়ন ঘনফুট। এ গ্যাস দ্বারা ছাতকের সিমেন্ট ফ্যাক্টরির জ্বালানি চাহিদা পূরণ করা হয়ে থাকে। তবে বর্তমানে এ গ্যাস ফিল্ড থেকে গ্যাস উত্তোলন স্থগিত আছে।

৩. **রশিদপুর গ্যাস ফিল্ড :** এ গ্যাস ফিল্ডটি সিলেটের রশিদপুর নামক স্থানে অবস্থিত। এ গ্যাস ফিল্ড আবিষ্কৃত হয় 1960 সালে। এখানে উত্তোলনযোগ্য মোট মজুদ গ্যাসের পরিমাণ 1401.20 বিলিয়ন ঘনফুট। এ গ্যাস স্থানীয় চা বাগানে সরবরাহ করা হয়। 2011-12 অর্থ বছরের উত্তোলিত গ্যাসের পরিমাণ 47 MMCF।

৪. **কৈলাশটিলা গ্যাস ফিল্ড :** এটি 1962 সালে আবিষ্কৃত হয়। এ গ্যাস ফিল্ডে উত্তোলনযোগ্য মজুদ গ্যাসের পরিমাণ 1903.30 বিলিয়ন ঘনফুট। এ গ্যাস ফিল্ডের গ্যাস সিলেট শহরে সরবরাহ করা হয়। 2011-12 অর্থ বছরে উত্তোলিত গ্যাসের পরিমাণ 89 MMCF।

৫. **তিতাস গ্যাস ফিল্ড :** এ গ্যাস ফিল্ডটি ব্রাহ্মণবাড়িয়া জেলার তিতাস নদীর তীরে অবস্থিত। 1962 সালে এটি আবিষ্কৃত হয়। এখানে উত্তোলনযোগ্য মজুদ গ্যাসের পরিমাণ 5384 বিলিয়ন ঘনফুট। এ গ্যাস ফিল্ডের গ্যাস আশুগঞ্জ ও ঘোড়াশাল সার কারখানার কাঁচামাল ও জ্বালানির উপকরণ হিসেবে সরবরাহ করা হয়। ইউনাইটেড এগ্রিকো কুইক রেন্টাল বিদ্যুৎ কেন্দ্রে গ্যাসের চাহিদা এখানকার গ্যাস থেকে মেটানো হয়। এ গ্যাস ফিল্ডের গ্যাসই ঢাকা শহরে সরবরাহ করা হয়। 2011-12 অর্থ বছরের উত্তোলিত গ্যাসের পরিমাণ 450 MMCF।

৬. **হবিগঞ্জ গ্যাস ফিল্ড :** এ গ্যাস ফিল্ডটি আবিষ্কৃত হয় 1963 সালে। এখানে উত্তোলনযোগ্য মোট গ্যাসের পরিমাণ 3852.30 বিলিয়ন ঘনফুট। এ গ্যাস ফিল্ডের গ্যাস শাহজীবাজার বিদ্যুৎ কেন্দ্রের জ্বালানি হিসেরে সরবরাহ করা হয়। এখানকার গ্যাস হবিগঞ্জ চা বাগানে এবং আশুগঞ্জ সার কারখানার কাঁচামাল ও জ্বালানি হিসেবে সরবরাহ করা হয়। 2011-12 অর্থ বছরে উত্তোলিত গ্যাসের পরিমাণ 227 MM CF।

৭. **বাখরাবাদ গ্যাস ফিল্ড :** এটি কুমিল্লা জেলার বাখরাবাদে অবস্থিত। এ গ্যাস ফিল্ডটি 1968 সালে আবিষ্কৃত হলেও দীর্ঘ 16 বছর পর 1984 সাল হতে এর উত্তোলন কার্যক্রম শুরু হয়। এ গ্যাস ফিল্ডে উত্তোলনযোগ্য মোট গ্যাসের পরিমাণ 1049.00 বিলিয়ন ঘনফুট। দেশের পূর্বাঞ্চলের কুমিল্লা, ফেনী, লাকসাম, চাঁদপুর, সীতাকুণ্ড, চট্টগ্রাম প্রভৃতি শহরে এ গ্যাস ফিল্ড হতে উত্তোলিত গ্যাসকে সবরবরাহ করা হয়। 2011-12 অর্থ বছরে উত্তোলিত গ্যাসের পরিমাণ 32 MMCF.

৮. **সেমুতাং গ্যাস ফিল্ড :** এটি খাগড়াছড়ি জেলার সেমুতাং নামক স্থানে অবস্থিত। এটি 1969 সালে আবিষ্কৃত হয়। এখানে বর্তমানে উত্তোলনযোগ্য মোট মজুদ গ্যাসের পরিমাণ 150.30 বিলিয়ন ঘনফুট। এ গ্যাস ফিল্ডের ৬নং কূপ থেকে গত 12 মার্চ 2014 সাল হতে গ্যাস উত্তোলন শুরু হয়। এখান থেকে প্রতিদিন ১২ মিলিয়ন ঘনফুট গ্যাস উত্তোলিত হচ্ছে।

৯. **বেগমগঞ্জ গ্যাস ফিল্ড :** নোয়াখালী জেলার বেগমগঞ্জে এ গ্যাস ফিল্ডটি অবস্থিত। 1977 সালে এটি আবিষ্কৃত হয়। এ গ্যাস ফিল্ডে উত্তোলনযোগ্য মোট গ্যাসের পরিমাণ 32.70 বিলিয়ন ঘনফুট।

১০. **কুতুবদিয়া গ্যাস ফিল্ড :** এটি কক্সবাজার জেলার কুতুবদিয়া দ্বীপে অবস্থিত। এ গ্যাস ফিল্ডটি আবিষ্কৃত হয় 1977 সালে। এখানে বর্তমানে উত্তোলনযোগ্য মোট মজুদ গ্যাসের পরিমাণ 603 বিলিয়ন ঘনফুট।

১১. **কামতা গ্যাস ফিল্ড :** এ গ্যাস ফিল্ডটি ঢাকার অদূরে টঙ্গীর কামতায় অবস্থিত। এটি 1981 সালে আবিষ্কৃত হয়। এখানে উত্তোলনযোগ্য মোট মজুদ গ্যাসের পরিমাণ 50.30 বিলিয়ন ঘনফুট। এখানকার গ্যাস টঙ্গী ও গাজীপুর অঞ্চলের কারখানায় সরবরাহ ছাড়াও টঙ্গীর তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্রের জ্বালানি হিসেবে সরবরাহ করা হয়।

ক্রম	গ্যাস ফিল্ডের নাম	প্রাকৃতিক গ্যাসের উপাদানের রাসায়নিক সংযুক্তি (আয়তন %)												উৎপাদনের পরিমাণ	
		মিথেন	ইথেন	প্রোপেন	আইসো বিউটেন	বিউটেন	উচ্চমান যৌগ	নাইট্রোজেন (N_2)	কার্বন ডাইঅক্সাইড (CO_2)	H_2S	কূপের সংখ্যা	গ্যাস উৎপন্ন হচ্ছে এমন কূপের সংখ্যা	উৎপাদনের ক্ষমতা MMCF	গ্যাস MMCF	কন্ডেনসেট BBL
১।	সিলেট গ্যাস ফিল্ড	96.63	2.0	0.05	0.14	0.01	0.17	1.06	0.36	নাই	03	02	11	9	78
২।	ছাতক	97.90	1.8	0.2	–	–	–	–	–	–					
৩।	রশিদপুর	98.0	0.21	0.24	–	–	0.17	0.40	0.18	–	07	04	49	47	57
৪।	কৈলাসটিলা	95.57	2.7	0.94	0.21	0.2	0.14	–	0.14	–	06	06	80	89	806
৫।	তিতাস	96.76	1.8	0.39	0.10	0.07	0.06	0.40	0.42	–	20	16	452	450	338
৬।	হবিগঞ্জ	97.81	1.48	–	–	–	–	0.71	–	–	11	09	240	227	11
৭।	বাখরাবাদ	94.01	3.69	0.81	0.25	0.09	0.06	0.47	0.49	–	09	05	33	32	11
৮।	সেমুতাং	96.94	1.7	0.14	–	0.01	–	0.86	0.35	–	01				
৯।	বেগমগঞ্জ	95.46	3.19	0.64	0.17	0.04	–	–	0.30	–					
১০।	কুতুবদিয়া	95.72	2.87	0.67	–	0.31	–	0.36	0.07	–					
১১।	বিয়ানীবাজার	93.65	3.43	1.10	0.29	1.23	0.17	0.99	0.12	–	02	02	14	11	179
১২।	ফেনী	95.71	3.29	0.65	0.15	0.05	–	–	0.15	–					
১৩।	কামতা	95.36	3.57	0.47	0.09	–	–	–	0.51	–					
১৪।	ফেঞ্চুগঞ্জ	98.10	1.0	0.09	0.03	0.02	–	0.14	0.35	–	03	03	40	36	03
১৫।	জালালাবাদ	96.02	2.45	0.56	0.30	0.07	0.30	0.26	0.05	–	04	04	230	232	1777
১৬।	নরসিংদী	95.66	2.46	0.55	0.15	0.10	0.08	0.45	0.55	–	02	02	30	30	61
১৭।	মেঘনা	95.16	3.06	0.65	0.17	0.10	0.04	0.39	0.43	–	01	01	11	10	19
১৮।	শাহবাজপুর	93.68	3.94	0.71	0.20	0.07	0.04	0.46	0.90	–	02	02	30	07	
১৯।	সাঙ্গু	94.51	3.17	0.61	0.19	0.07	0.41	0.44	0.60	–	07	07	09	23	01
২০।	সালদা নদী	95.12	2.2	0.91	0.29	0.18	–	0.14	0.43	–	03	03	20	16	07
২১।	বি-বাড়িয়া	95.72	2.37	0.87	0.22	0.18	0.32	0.19	0.13	–					
২২।	বাঙ্গুরা	95.48	2.56	0.66	0.15	0.15	0.19	0.31	0.66	–	06	06	100	86	265
২৩।	মৌলভীবাজার	97.82	1.29	0.24	0.09	0.05	0.14	0.29	0.08	–	08	08	60	94	06
২৪।	সুন্দরপুর	98.35	0.91	0.07	–	–	–	0.56	0.11	–	01	01	10	10	05
২৫।	শ্রীকাইল	95.93	2.45	0.53	0.14	0.08	0.09	0.13	0.62	–	03	03	116	110	80

তথ্য সূত্র : Annual Report 2012, Petrobangla

১২. **ফেনী গ্যাস ফিল্ড :** এটি ফেনী জেলায় অবস্থিত। 1981 সালে এটি আবিষ্কৃত হলেও এটি দীর্ঘদিন উৎপাদনে যাওয়া সম্ভব হয় নি। 2004 সাল থেকে বাপেক্স ও নাইকো রিসোর্সেস এর যৌথ পরিচালনায় উৎপাদনে নেওয়া সম্ভব হয়েছে। এখানে বর্তমানে উত্তোলনযোগ্য মজুদ গ্যাসের পরিমাণ 130 বিলিয়ন ঘনফুট। এ গ্যাস জাতীয় গ্রিডে সঞ্চালন করা হয়।

১৩. **বিয়ানী বাজার গ্যাস ফিল্ড :** এটি সিলেট জেলার বিয়ানীবাজার নামক স্থানে অবস্থিত। 1981 সালে এটি আবিষ্কৃত হয়। এ গ্যাস ফিল্ডে উত্তোলনযোগ্য মোট মজুদ গ্যাসের পরিমাণ 170.20 বিলিয়ন ঘনফুট। 2011 – 12 অর্থ বছরে উত্তোলিত গ্যাসের পরিমাণ 11 MMCF।

১৪. **ফেঞ্চুগঞ্জ গ্যাস ফিল্ড :** এটি ফেঞ্চুগঞ্জে অবস্থিত। 1985 সালে এটি আবিষ্কৃত হয়। বর্তমানে এখানে উত্তোলনযোগ্য গ্যাসের পরিমাণ 282.80 বিলিয়ন ঘনফুট। 2011 – 12 অর্থ বৎসরে উত্তোলিত গ্যাসের পরিমাণ 36 MMCF।

১৫. **জালালাবাদ গ্যাস ফিল্ড :** এটি সিলেট জেলার জালালাবাদে অবস্থিত। 1989 সালে এটি আবিষ্কৃত হয়। এ গ্যাস ফিল্ডে উত্তোলনযোগ্য মোট গ্যাসের পরিমাণ 836.50 বিলিয়ন ঘনফুট। 2011 – 12 অর্থ বছরে উত্তোলিত গ্যাসের পরিমাণ 232 MMCF.

১৬. **মেঘনা গ্যাস ফিল্ড :** এটি কুমিল্লা জেলার মরিচাকান্দি গ্রামে অবস্থিত। 1990 সালে এটি আবিষ্কৃত হয়। এখানে বর্তমানে উত্তোলনযোগ্য মোট মজুদ গ্যাসের পরিমাণ 119.60 বিলিয়ন ঘনফুট। কুইক রেন্টাল বিদ্যুৎ কেন্দ্রের প্রয়োজনীয় গ্যাসের চাহিদা এখান থেকে মেটানো হয়। 2011 – 12 অর্থ বছরে উত্তোলিত গ্যাসের পরিমাণ 10 MMCF।

১৭. **নরসিংদী গ্যাস ফিল্ড :** এটি নরসিংদী জেলার বেলাবো নামক স্থানে অবস্থিত। 1990 সালে এটি আবিষ্কৃত হয় এবং 1994 সাল হতে উত্তোলন শুরু হয়। এখানে উত্তোলনযোগ্য মোট গ্যাসের পরিমাণ 215.10 বিলিয়ন ঘনফুট। 2011 – 12 অর্থ বছরে উত্তোলিত গ্যাসের পরিমাণ 30 MMCF।

১৮. **সালদা নদী গ্যাস ফিল্ড :** এটি ব্রাহ্মণবাড়িয়া জেলার সালদা নদীতে অবস্থিত। এখানে উত্তোলনযোগ্য মজুদ গ্যাসের পরিমাণ 116.10 বিলিয়ন ঘনফুট। 2011 – 12 অর্থ বছরে উত্তোলিত গ্যাসের পরিমাণ 16 MMCF।

১৯. **সাঙ্গু গ্যাস ফিল্ড :** এটি একটি উপকূলীয় গ্যাস ক্ষেত্র। বাংলাদেশের দক্ষিণ পূর্বাঞ্চলীয় গ্যাস ফিল্ডের অন্যতম এটি। 1995 সালে এটি আবিষ্কৃত হয়। এখানে বর্তমানে উত্তোলনযোগ্য মোট মজুদ গ্যাসের পরিমাণ 848.50 বিলিয়ন ঘনফুট। এ গ্যাস চট্টগ্রাম শহরে সরবরাহ করা হয়ে থাকে। এ গ্যাস জাতীয় গ্রীডে যুক্ত করা হয়। 2011 – 12 অর্থ বছরে উত্তোলিত গ্যাসের পরিমাণ 23 MMCF।

২০. **শাহাবাজপুর গ্যাস ফিল্ড :** এটি ভোলা জেলায় অবস্থিত। এক্ষেত্রে উত্তোলনযোগ্য মজুদ গ্যাসের পরিমাণ 465.60 বিলিয়ন ঘনফুট। এখানকার উৎপাদিত গ্যাস খুলনা তাপ বিদ্যুৎকেন্দ্রে সরবরাহ করা হয়। খুলনা শহরের গ্যাসের চাহিদাও এখানকার গ্যাস মিটিয়ে থাকে। 2011 – 12 অর্থ বছরে উত্তোলিত গ্যাসের পরিমাণ 7 MMCF।

২১. **বিবিয়ানা গ্যাস ফিল্ড :** এটি হবিগঞ্জ জেলায় অবস্থিত। এখানে মজুদ গ্যাসের পরিমাণ 2400.80 বিলিয়ন ঘনফুট। 2011 – 12 অর্থ বছরে উত্তোলিত গ্যাসের পরিমাণ 792 MMCF।

২২. **মৌলভীবাজার গ্যাস ফিল্ড :** এটি মৌলভীবাজারে অবস্থিত। 1997 সালে এটি আবিষ্কৃত হয় এবং 2003 সালে unocal কোম্পানি এখান থেকে গ্যাস উত্তোলন শুরু করে। এখানে বর্তমানে উত্তোলনযোগ্য মোট গ্যাসের পরিমাণ 405 বিলিয়ন ঘনফুট। 2011 – 12 অর্থ বছরে উত্তোলিত গ্যাসের পরিমাণ 94 MMCF।

২৩. **শ্রীকাইল গ্যাস ফিল্ড :** এটি কুমিল্লা জেলার শ্রীকাইলে অবস্থিত। 2012 সালে এটি আবিষ্কৃত হয়। এখানে উত্তোলনযোগ্য মজুদ গ্যাসের পরিমাণ 250 বিলিয়ন ঘনফুট।

২৪. **বাঙ্গুরা গ্যাস ফিল্ড :** কুমিল্লা জেলার বাঙ্গুরায় এ গ্যাস ফিল্ডটি অবস্থিত। এ গ্যাস ফিল্ডে উত্তোলনযোগ্য মোট গ্যাসের পরিমাণ 379.0 বিলিয়ন ঘনফুট। এখান থেকে প্রতিদিন 30 মিলিয়ন ঘনফুট গ্যাস উত্তোলন করা হয়। এখানকার গ্যাস চট্টগ্রাম ও তার পার্শ্ববর্তী অঞ্চলে সরবরাহ করা হয়।

বর্তমানে ছাতক গ্যাস ফিল্ড ও কামতা গ্যাস ফিল্ড হতে গ্যাস উত্তোলন স্থগিত রয়েছে। বেগমগঞ্জ এবং কুতুবদিয়া গ্যাস ফিল্ডে গ্যাস উৎপাদনে যাওয়া সম্ভব হয়নি।

বাংলাদেশে বিভিন্ন গ্যাস ফিল্ডে গ্যাসের উৎপাদন, উৎপাদন ক্ষমতা, কূপের সংখ্যা, উৎপাদিত গ্যাসের পরিমাণের একটি সারণি দেয়া হলো : এটি 2012 – 13 অর্থ বছরের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য।

বাংলাদেশে বর্তমান 6 টি গ্যাস বিপণন কোম্পানি (i) BGFCL (ii) SGFL, (iii) BAPEX (iv) SANTOS (v) CHEVRON (vi) TULLOW. গ্যাস অনুসন্ধান ও উত্তোলনের কাজে নিয়োজিত এ 6টি কোম্পানি স্ব স্ব আওতাধীন

এলাকায় পাইপলাইন নেটওয়ার্ক স্থাপনের মাধ্যমে গ্রাহকদের আঙ্গিনায় গ্যাস সরবরাহ করে থাকে। এর মধ্যে BGFCL কোম্পানি কর্তৃক উৎপাদিত মোট গ্যাসের প্রায় $\frac{3}{4}$ অংশ বিপণন করে থাকে। দেশের 40% বিদ্যুৎ উৎপাদনে এ কোম্পানির সরবরাহ করা গ্যাস ব্যবহৃত হচ্ছে।

বর্তমানে 26টি গ্যাস ক্ষেত্রের সক্রিয় 82টি কূপ থেকে দৈনিক 2728 মিলিয়ন ঘনফুট গ্যাস উত্তোলন করা হয়। বর্তমানে দৈনিক গড়ে চাহিদা প্রায় 300 কোটি ঘনফুট।

তথ্যসূত্র : জ্বালানি ও খনিজ সম্পদ মন্ত্রণালয়ের **10-01-2016** তারিখের প্রকাশিত তথ্য অনুযায়ী।

৫.২ বাংলাদেশের কয়লা ক্ষেত্র, কয়লার মান ও ব্যবহার (Coal fields in Bangladesh, Quality of Coal & Its Uses)

৫.২.১ বাংলাদেশের কয়লা ক্ষেত্র (Coal fields in Bangladesh)

কয়লা বাংলাদেশের একটি উল্লেখযোগ্য খনিজ সম্পদ। দেশের বিভিন্ন স্থানে কয়লার খনির সন্ধান পাওয়া গিয়েছে। নিম্নে বেশ কয়েকটি কয়লা ক্ষেত্রের বর্ণনা দেওয়া হলো–

১. **বড় পুকুরিয়া কয়লা ক্ষেত্র :** দিনাজপুর জেলার বড় পুকুরিয়ায় এ কয়লা ক্ষেত্রটি অবস্থিত। অনুসন্ধান কার্যক্রম পরিচালনা করে 1986 সালে এ ক্ষেত্রটি আবিষ্কৃত হয়। এ কয়লার ক্ষেত্রটি 5.25 বর্গ কিলোমিটারব্যাপী বিস্তৃত এবং 6 টি স্তরে বিভক্ত। এক্ষেত্রে মোট মজুদের পরিমাণ প্রায় 38 কোটি 90 লক্ষ মেট্রিক টন। এখান থেকে চীনা কারিগরি সহায়তায় বার্ষিক 1 মিলিয়ন মে. টন কয়লা উত্তোলন করা হয়। অর্থাৎ দৈনিক প্রায় 500 টন কয়লা উত্তোলন করা হয়। এভাবে উত্তোলন করলে আগামী আরও প্রায় একশত বৎসর ধরে এ কয়লাকে উত্তোলন করা যাবে।

২. **জামালগঞ্জ কয়লা ক্ষেত্র :** জয়পুরহাট জেলার জামালগঞ্জে এ কয়লার ক্ষেত্রটি অবস্থিত। 1962 সালে এটি আবিষ্কৃত হয়। এখানে 11.66 বর্গ কি.মি. এলাকাজুড়ে এ কয়লাক্ষেত্রটি অবস্থিত। এখানে কয়লার স্তরের গভীরতা 1158 মিটার। মজুদ কয়লার পরিমাণ 105 কোটি 30 লক্ষ মেট্রিক টন।

৩. **খালাসপীর কয়লা ক্ষেত্র :** রংপুর জেলার খালাসপীর নামক স্থানে এ কয়লা ক্ষেত্রটি অবস্থিত। 1989 সালে এটি আবিষ্কৃত হয়। এ কয়লা ক্ষেত্রটির বিস্তৃতি 12.56 বর্গ কিলোমিটার। এখানে কয়লার স্তরের গভীরতা 257 হতে 483 মিটার। মজুদ কয়লার পরিমাণ 68 কোটি 50 লক্ষ মেট্রিক টন।

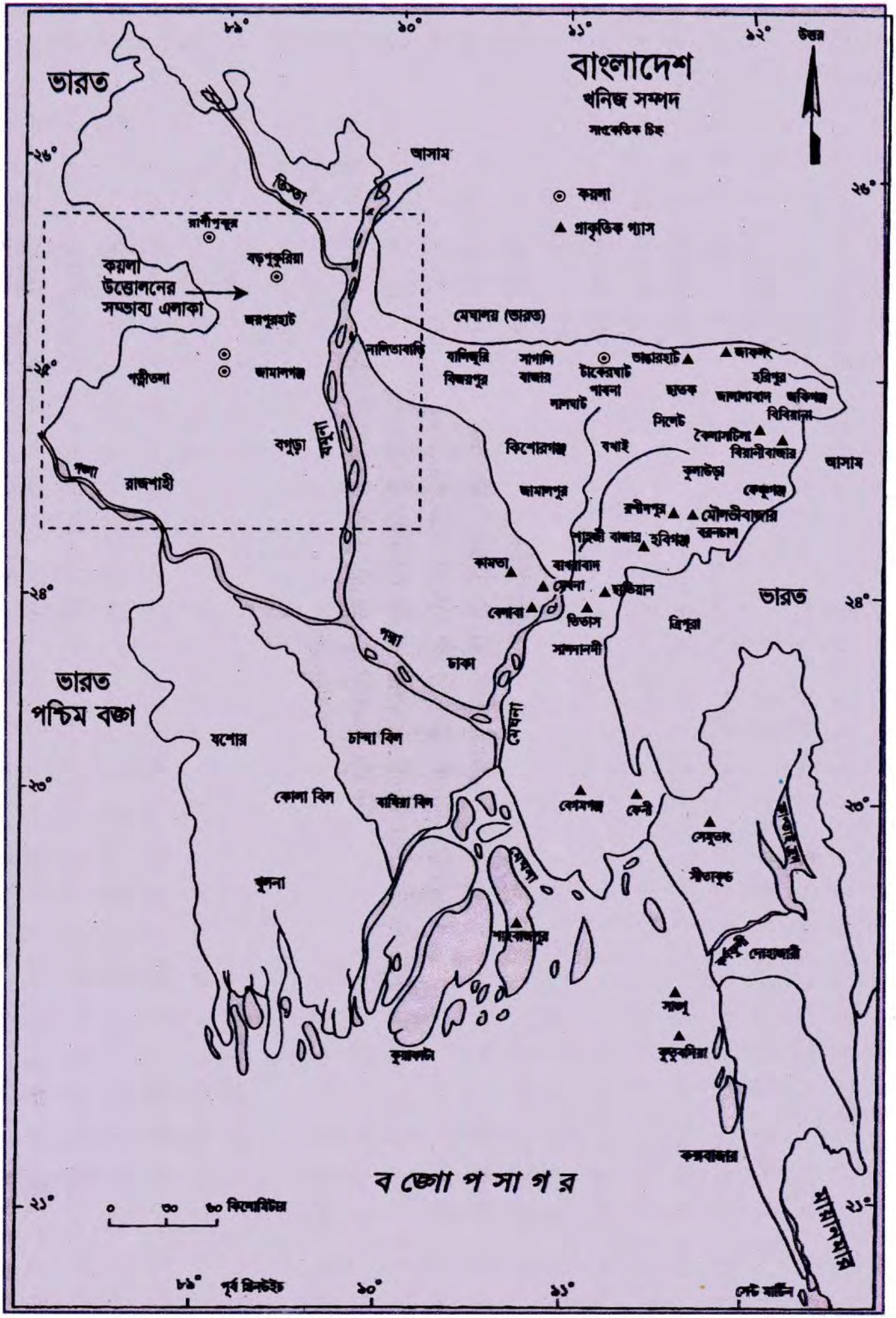
৪. **দীঘিপাড়া কয়লা ক্ষেত্র :** দিনাজপুর জেলার নবাবগঞ্জের দীঘিপাড়া নামক স্থানে এটি অবস্থিত। 1994 সালে এ ক্ষেত্রটি আবিষ্কৃত হয়। এ কয়লা ক্ষেত্রের বিস্তৃতি 10 বর্গ কিলোমিটার। কয়লা স্তরের গভীরতা 328 – 407 মিটার। প্রাথমিকভাবে জড়িপের তথ্য অনুযায়ী মজুদ কয়লার পরিমাণ ৫০০ মিলিয়ন টনের বেশি। তবে সম্পূর্ণ জড়িপ শেষে মজুদ কয়লার পরিমাণ আরো বাড়বে বলে বিশেষজ্ঞরা আশাবাদী। দীঘিপাড়ার কয়লা উন্নত জাতের বিটুমিনাস কয়লা। বিভিন্ন উপাদানে সমৃদ্ধ ১০টি ও সর্বনিম্ন ৪টি কয়লার স্তরসমূহ একীভূত অবস্থায় রয়েছে। মোট পুরুত্ব সর্বোচ্চ ৭২.৩৬ মিটার ও সর্বনিম্ন ৪৭.২৯ মিটার।

৫. **ফুলবাড়ি কয়লা ক্ষেত্র :** দিনাজপুর জেলার ফুলবাড়িতে এ কয়লার ক্ষেত্রটি অবস্থিত। 1997 সালে এটি আবিষ্কৃত হয়। এখানে কয়লার স্তরের গভীরতা 310 – 520 মিটার। মজুদ কয়লার পরিমাণ এখনও নিরূপণ করা হয় নি।

৬. **পত্নীতলা কয়লা ক্ষেত্র :** নওগাঁ জেলার পত্নীতলায় এ ক্ষেত্রটি অবস্থিত। এখানে কয়লার গভীরতা ও মজুদের পরিমাণের সঠিক তথ্য এখনও নিরূপণ করা সম্ভব হয় নি।

৭. **পীট কয়লা :** গোপালগঞ্জ, খুলনা, সিলেট, সুনামগঞ্জ, মৌলভীবাজার, ময়মনসিংহ, ব্রাহ্মণবাড়িয়ায় পীট কয়লার সন্ধান পাওয়া গিয়েছে। এর মধ্যে গোপালগঞ্জ জেলার বাখিয়া ও চান্দা বিলে 525 বর্গ কিলোমিটার এলাকা জুড়ে এ পীট কয়লা সঞ্চিত আছে। এ কয়লার স্তর প্রায় 180 মিটার পর্যন্ত বিস্তৃত। এখানে প্রায় 12 কোটি টন কয়লা সঞ্চিত আছে। খুলনা জেলার কোলাবিলেও পীট কয়লা পাওয়া যায়। এখানে প্রায় 115 বর্গ কিলোমিটার এলাকা জুড়ে এ কয়লা বিস্তৃত। এ কয়লা স্তরের পুরুত্ব প্রায় 150 মিটার। এর মোট মজুদ কয়লার পরিমাণ 80 লক্ষ টন। এছাড়াও সুনামগঞ্জে পাগলা, সিলেটের চরখাই, মৌলভীবাজার, ময়মনসিংহ ও ব্রাহ্মণবাড়িয়া জেলায় পীট কয়লা পাওয়া গিয়েছে। এখানেও প্রায় 1 কোটি 30 লক্ষ মেট্রিক টন কয়লা মজুদ আছে।

৮. **অন্যান্য ক্ষেত্র :** উল্লেখিত কয়লা ক্ষেত্রগুলো ছাড়াও বগুড়া জেলার নন্দিগ্রামে, সিলেট জেলার লালঘাট, লামাকাটা, ভাঙ্গার ঘাট ও টেকেরহাট এবং রংপুর জেলার বীরগঞ্জেও উন্নত মানের কয়লার সন্ধান পাওয়া গিয়েছে।



চিত্র ৫.১ : বাংলাদেশের কয়লা ও প্রাকৃতিক গ্যাস খনিজ সম্পদ

৫.২.২ | কয়লার মান ও ব্যবহার (Quality of Coal & its Uses)

বাংলাদেশে উৎকৃষ্ট মানের কোনো কয়লা পাওয়া যায় না। এখানে যে কয়লা পাওয়া যায় তার অধিকাংশ মান একটু নিচু। এসব কয়লাতে ছাই এর পরিমাণ বেশি এবং যথেষ্ট পরিমাণে সালফার বর্তমান থাকে। মূল কার্বনের পরিমাণ অপেক্ষাকৃত কম থাকে। তবে কিছু কিছু খনিতে লিগনাইট ও বিটুমিন কয়লা পাওয়া যায় যার গুণগত মান যথেষ্ট উন্নত। তবে আমাদের দেশের প্রাপ্ত কয়লাতে যথেষ্ট পরিমাণে সালফার বর্তমান থাকায় এ কয়লাকে প্রক্রিয়াজাত করে সাংশ্লেষিক জ্বালানি উৎপাদনের কাজে ব্যবহার করা যায় না। এ কয়লাকে হাইড্রোজিনেশন করে তরল এবং গ্যাসীয় জ্বালানি উৎপাদন করা যায় না। এমন কি তাপীয় বিশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় কয়লা থেকে হাইড্রোকার্বনসমূহের তরল মিশ্রণ, গ্যাস এবং কোক উৎপন্ন করা যায় না। এ পদ্ধতিকে কয়লার তরলীকরণ বলে। তবে আমাদের দেশে যে কয়লা পাওয়া যায় তা দ্বারা তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্রের জ্বালানির চাহিদা মেটানো সম্ভব। তাছাড়া দেশের বিভিন্ন অঞ্চলের ইটের ভাটায় জ্বালানি হিসেবে একে ব্যবহারের ফলে দেশের বনজ সম্পদের রক্ষা করা সম্ভব হচ্ছে। বড় পুকুরিয়ার কয়লার প্রায় 70 ভাগ তাপবিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্রের জ্বালানি হিসেবে ব্যবহার করা হয় এবং বাকি 30 ভাগ ইটের ভাটায় জ্বালানির চাহিদা মিটিয়ে থাকে। গোপালগঞ্জ, খুলনা, সিলেট, সুনামগঞ্জ, ময়মনসিংহ ও ব্রাহ্মণবাড়িয়ায় যে পীট কয়লা পাওয়া যায় তা দ্বারা অত্র এলাকার জনসাধারণ তাদের দৈনন্দিন রান্নার কাজের প্রয়োজনীয় জ্বালানির চাহিদা মিটিয়ে থাকে।

বাংলাদেশে যে লিগনাইট ও বিটুমিন কয়লা পাওয়া যায় একে নিম্ন তাপমাত্রা ও উচ্চ তাপমাত্রায় কার্বনাইজেশন করে এ থেকে আলকাতরা ও বিটুমিন উৎপাদনের উজ্জ্বল সম্ভাবনা রয়েছে। এ কয়লার প্রতি টন হতে প্রায় 150 পাউন্ড আলকাতরা ও 70 পাউন্ড বিটুমিন পাওয়া যায়। এ প্রক্রিয়ায় প্রতি টন কোক থেকে $1 \times 10^4 - 1.3 \times 10^4$ ঘনফুট কোল গ্যাস পাওয়া যায়। কাঁচামালের যথেষ্ট প্রাপ্তি থাকা সত্ত্বেও শুধু প্রযুক্তি ও অর্থের অভাবের কারণে এ প্রকল্পটি এখনো আলোর মুখ দেখেনি। নতুন প্রকল্পের শিল্পোউদ্যোক্তাদের জন্য এটি একটি দিক নির্দেশনা।

জ্বালানির ক্যালরিক মান (Calorific Value of a fuel) : কোনো জ্বালানির মান বিশেষ করে কয়লার মান নির্ভর করে উহার ক্যালোরিফিক মানের উপর। যে কয়লার ক্যালরিফিক মান যতো উচ্চ তার মানও ততো উচ্চ হয়। কোনো জ্বালানির একক ভরের বা একক আয়তনের উপাদানকে সম্পূর্ণ দহনের ফলে যে পরিমাণ তাপশক্তি উৎপন্ন হয়, তাকে ঐ জ্বালানির ক্যালোরিফিক মান বলে। কঠিন ও তরল জ্বালানির ক্ষেত্রে ক্যালোরিফিক মান ক্যালোরি প্রতিগ্রাম ($Cal.g^{-1}$) বা কিলোক্যালরি প্রতি কেজি ($k\ Cal.kg^{-1}$) বা ব্রিটিশ থার্মাল ইউনিট প্রতি পাউন্ড ($BTU./b^{-1}$) এককে প্রকাশ করা হয়। গ্যাসীয় জ্বালানির ক্ষেত্রে ক্যালোরিফিক মান কিলোক্যালরি প্রতি ঘনমিটার ($k\ Cal.m^3$) এককে প্রকাশ করা হয়।

৫.৩ জ্বালানি সম্পদের প্রেক্ষিতে বাংলাদেশে শিল্পায়নের সম্ভাবনা

(Probability of Industrialization in Bangladesh)

বাংলাদেশের জ্বালানি সম্পদের মধ্যে প্রাকৃতিক গ্যাস, পেট্রোলিয়াম জাতীয় উপাদান, কয়লা, বায়োগ্যাস প্লান্ট ও সৌরশক্তি অন্তর্ভুক্ত।

১. **প্রাকৃতিক গ্যাস :** বাংলাদেশে বর্তমানে প্রায় 13 ট্রিলিয়নের বেশি গ্যাসের সন্ধান পাওয়া গেছে। বর্তমানে মোট আবিষ্কৃত গ্যাস ফিল্ডের সংখ্যা 26 টি। এর মধ্যে 22টি গ্যাসফিল্ড বর্তমানে পূর্ণ সক্রিয়। এসব গ্যাসফিল্ড থেকে প্রতিদিন গ্যাস উত্তোলন করা হয়। খননকৃত কূপের সংখ্যা 104 টি হলেও 82 টি কূপ থেকে বর্তমানে গ্যাস উত্তোলনের কার্যক্রম চলছে। 2011 – 12 অর্থ বছরে এসব কূপগুলো হতে 2210 MMCF প্রাকৃতিক গ্যাস উত্তোলন করা হয়। পাশাপাশি কনডেনসেট (condensate) উৎপাদন হয় 7116 BBL (তথ্য সূত্র : Annual Report 2012, Petrobangla) বর্তমানে 49টি স্থান হতে প্রাকৃতিক গ্যাস সরবরাহ করা হচ্ছে। **10-01-2016** ইং তারিখে জ্বালানি ও খনিজ সম্পদ মন্ত্রণালয়ের তথ্য অনুযায়ী প্রতিদিন 2728 মিলিয়ন ঘনফুট গ্যাস উত্তোলন করা হয়।

গবেষণা রিপোর্টে দেখা যায় বাংলাদেশে প্রাপ্ত প্রাকৃতিক গ্যাস খুবই উন্নতমানসম্মত। এ গ্যাসের মধ্যে ইথেন, প্রোপেন, বিউটেন, 2-মিথাইল প্রোপেন, নাইট্রোজেন ও কার্বন ডাইঅক্সাইডের পরিমাণ খুবই কম। উপরন্তু কোনো গ্যাস ফিল্ডের প্রাকৃতিক গ্যাসের মধ্যে হাইড্রোজেন সালফাইডের উপস্থিতি নেই। পৃথিবীর অন্যান্য দেশের প্রাপ্ত প্রাকৃতিক গ্যাসের

তুলনায় খুবই উন্নতমানের। বাংলাদেশের উন্নতমানের প্রাকৃতিক গ্যাস ব্যবহার করে বেশ কয়েকটি ভারী সার শিল্প গড়ে উঠেছে। বর্তমানে বাংলাদেশে সার উৎপাদনের দিক হতে প্রায় স্বয়ংসম্পূর্ণ। ইউরিয়া সার উৎপাদনের অন্যতম প্রধান কাঁচামাল প্রাকৃতিক গ্যাস।

ভবিষ্যতে বাংলাদেশে আরও গ্যাসফিল্ড প্রাপ্তির উজ্জ্বল সম্ভাবনা রয়েছে। সরকার নিজস্ব অর্থায়নে BAPEX কে ইতোমধ্যেই যথেষ্ট সাবলম্বী করে তুলেছে। বাংলাদেশের সন্তান তরুণ প্রকৌশলীরা ইতোমধ্যে তাঁদের মেধা ও শ্রমের দক্ষতার স্বাক্ষর রেখেছে শ্রীকাইল ও সুন্দরপুর গ্যাস ফিল্ডের গ্যাস আবিষ্কার, উন্নয়ন, উত্তোলন ও বণ্টনের মাধ্যমে। পর্যাপ্ত পরিমাণে প্রাকৃতিক গ্যাস পাওয়া গেলে ইউরিয়া সার শিল্পের ব্যাপক প্রসার ঘটানো সম্ভব। এতে সারের উৎপাদন বৃদ্ধি পাবে এবং উৎপাদন খরচ কমে আসবে। এ ছাড়া প্রাকৃতিক গ্যাসের প্রাপ্তির উপর দেশে অনেক ভারী শিল্পকারখানা গড়ে উঠার যথেষ্ট সম্ভাবনা রয়েছে। দেশে শ্রমের মূল্য তুলনামূলকভাবে সস্তা হওয়ায় জ্বালানি প্রাপ্তির সহজলভ্যতা ও নিশ্চয়তা পাওয়া গেলে অনেক তরুণ উদ্যোক্তা নতুন নতুন শিল্প কারখানা প্রতিষ্ঠিত করবে এতে কোনো সন্দেহ নেই। এছাড়াও **condensate** কে পরিশোধন করে পেট্রোল, কেরোসিন, ফার্নেস ওয়েল, লুব্রিক্যান্ট ওয়েল উৎপাদন করা হয়ে থাকে। এসব শিল্প প্রতিষ্ঠার ক্ষেত্রে সহায়ক উপাদান।

আমাদের জাতীয় অর্থনীতিতে জ্বালানি সম্পদের আরো একটি সুসংবাদ হলো গত **27-12-2013** ইং তারিখে ব্রাহ্মণবাড়িয়া শহরতলীর ঘাটুরার ৩নং লোকেশনের তিতাস গ্যাস ক্ষেত্রের ২১ নং কূপের খনন কাজ সম্পন্ন হয়। এ কূপ থেকে প্রতিদিন প্রায় 30 মিলিয়ন ঘনফুট গ্যাস জাতীয় গ্রিডে সরবরাহ করা হচ্ছে। এখানে 3540 মিটার গভীরে কূপের উপরিস্তর থেকেই গ্যাস উত্তোলন হচ্ছে। এ কূপ থেকে প্রাকৃতিক গ্যাসের পাশাপাশি অপরিশোধিত জ্বালানি তেল ও যথেষ্ট কনডেনসেট পাওয়া যাচ্ছে। বাংলাদেশ গ্যাস ফিল্ড ও এডিপির নিজস্ব অর্থায়নে এ কূপটি খনন করা হয়েছিল।

গত **12-02-2016** ইং তারিখে ব্রাহ্মণবাড়িয়া শহরতলীর নন্দনপুরস্থ বুধল গ্রামে তিতাস গ্যাস ফিল্ডের 25নং কূপের কাজ শেষ হয়েছে। চলছে পরীক্ষণ কাজ। এ কূপ থেকে প্রতিদিন 25 মিলিয়ন ঘনফুট গ্যাস উৎপাদন হবে বলে কর্মকর্তারা জানান। তিতাস গ্যাস ক্ষেত্রের এ কূপ নিয়ে আরও 4টি কূপ খনন হচ্ছে। ২০১৬ সালের জুনের মধ্যেই খনন কাজ শেষ হবে। সবগুলো কূপ খনন শেষ হলে জাতীয় গ্রিডে গ্যাসের সরবরাহ অন্তত 100 মিলিয়ন ঘনফুট বেড়ে যাবে। বর্তমানে তিতাস গ্যাস ফিল্ড থেকে জাতীয় গ্রিডে যোগ হচ্ছে 525 মিলিয়ন ঘনফুট গ্যাস। দেশের জ্বালানি চাহিদার 31 ভাগ পূরণ করছে তিতাস গ্যাস ফিল্ড। ব্রাহ্মণবাড়িয়া গ্যাস ফিল্ডের 23টি কূপ রয়েছে। এর মধ্যে 2টি কূপ উৎপাদন বন্ধ রয়েছে দীর্ঘদিন ধরে।

জ্বালানি ক্ষেত্রে বাংলাদেশের জন্য আনন্দের সংবাদ! গত **20.07.2016** তারিখে তিতাস গ্যাস ফিল্ডের ১০নং কূপের উত্তোলিত গ্যাস জাতীয় গ্রিডে সরবরাহ করা শুরু হয়েছে। প্রতিদিন 20 মিলিয়ন ঘনফুট গ্যাস কূপ থেকে জাতীয় গ্রিডে সরবরাহ করা হচ্ছে। গত **16.5.2016** তারিখে কূপের সংস্কার করা শুরু হয়। মাত্র দুই মাসের মধ্যেই সাফল্য বয়ে আনে পেট্রো বাংলার রয়েল বেঙ্গল টাইগাররা। বর্তমানে সরবরাহকৃত গ্যাসের পরিমাণ বেড়ে দাঁড়িয়েছে 545 মিলিয়ন ঘনফুট। সংস্কার (workover) প্রকল্পের আওতায় সংশ্লিষ্ট ব্যক্তিবর্গ একটি প্রকল্প হাতে নিয়েছে। এ প্রকল্পের আওতায় ৬টি কূপের সংস্কারের কাজ করা হবে। সংস্কার প্রকল্পের কূপগুলো হলো ১, ২, ৫, ১০ ও ১১নং কূপ। খুব দ্রুত সংস্কারের কাজ শেষ হবে এবং বয়ে আনবে উজ্জ্বল সাফল্য। বাংলাদেশের শিল্পায়নে ঘটবে নতুন বিপ্লব।

২. **পেট্রোলিয়াম জাতীয় উপাদান :** আধুনিক সভ্যতায় অগ্রগতির স্তম্ভ জ্বালানি শক্তি। জ্বালানি শক্তির প্রচলিত উৎস হিসেবে পেট্রোলিয়াম একটি বড় জায়গা দখল করে আছে। পেট্রোলিয়াম দহনে প্রাপ্ত তাপশক্তি থেকে বিদ্যুৎ শক্তি উৎপন্ন করা হয়। আবার পেট্রোলিয়ামের দহনে তাপশক্তি থেকে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত করা হয়। তবে এটি অনবায়নযোগ্য জ্বালানি একে একবার ব্যবহার করলে পুনরায় ব্যবহার করা যায় না।

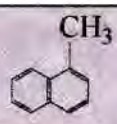
(ক) নকিং (Knocking) : জ্বালানি শক্তির প্রচলিত উৎস হিসেবে পেট্রোলিয়াম একটি বড়ো জায়গা দখল করে আছে। পেট্রোলিয়াম দহনের ফলে উৎপন্ন তাপশক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত করা হয়। মূলত অভ্যন্তরীণ দহন ইঞ্জিনে জ্বালানি হিসেবে পেট্রোলিয়াম জাতীয় উপাদান ব্যবহৃত হয়। এ জাতীয় ইঞ্জিনের ক্ষেত্রে সক্রিয় সিলিন্ডারের অভ্যন্তরে বিদ্যুৎ স্ফুলিঙ্গের সাহায্যে উচ্চ চাপের বায়ু ও পেট্রোলিয়ামের মিশ্রণের দহন সম্পন্ন করা হয়। এ জাতীয় দহন সুষমভাবে নিঃশব্দে না হয়ে কখনও কখনও শেষ অংশের দ্রুত প্রজ্বলন ঘটে এবং এক প্রকার বিকট শব্দ ঘর্ঘর (ratting sound) এর সৃষ্টি হয়। ইঞ্জিনের এ ধরনের ঘর্ঘর শব্দের উৎপত্তি হওয়াকে নকিং

বলে। প্রকৃত অর্থে ইঞ্জিনের নকিং নির্ভর করে জ্বালানি তেলের প্রকৃতির উপর। শাখা শিকল যুক্ত অ্যালকেনের ক্ষেত্রে নকিং এর হার খুবই কম। সরল শিকলযুক্ত অ্যালকেনের ক্ষেত্রে এ হার বেশি। এ কারণে 2, 2, 4-ট্রাইমিথাইল পেন্টেন ($\overset{1}{C}H_3 - \overset{2}{C}(CH_3)_2 - \overset{3}{C}H_2 - \overset{4}{C}H(CH_3) - \overset{5}{C}H_3$) এর দহনে খুবই কম নকিং এর সৃষ্টি হয়। কিন্তু হেপ্টেনের ক্ষেত্রে নকিং এর পরিমাণ সর্বাধিক হয়।

(খ) অকটেন সংখ্যা (Octane number) : 2, 2, 4-ট্রাইমিথাইল পেন্টেন ও হেপ্টেন এর মিশ্র নমুনা পেট্রোলের ন্যায় একই প্রকার নকিং বৈশিষ্ট্যপূর্ণ মিশ্রণে 2, 2, 4-ট্রাইমিথাইল পেন্টেনের শতকরা পরিমাণকে উক্ত নমুনা পেট্রোলিয়ামের অকটেন সংখ্যা বলে।

কোনো পেট্রোলিয়ামের অকটেন সংখ্যা 80 (আশি) বলতে বোঝায়, ঐ পেট্রোলিয়াম এবং শতকরা 80 ভাগ 2, 2, 4-ট্রাইমিথাইল পেন্টেন ও 20 ভাগ হেপ্টেন মিশ্রণের নকিং বৈশিষ্ট্য এক ধরনের ইঞ্জিনে একই অবস্থায় অভিন্ন। প্রকৃত অর্থে হেপ্টেনের অকটেন সংখ্যা শূন্য এবং 2, 2, 4-ট্রাইমিথাইলপেন্টেনের অকটেন সংখ্যা 100 ধরে যে কোনো নমুনা পেট্রোলিয়ামের অকটেন সংখ্যা নির্ধারণ করা হয়। 1927 সালে বিজ্ঞানী এডগার অকটেন সংখ্যা উদ্ভাবন করেন।

(গ) সিটেন সংখ্যা (Cetane number) : হেক্সাডেকেন ($C_{16}H_{34}$) বা সিটেন ও α-মিথাইল ন্যাপথালিনের মিশ্র নমুনা ডিজেলের ন্যায় একই প্রকার প্রজ্জ্বলন ক্ষমতাসম্পন্ন হয়। সিটেন ও α-মিথাইল ন্যাপথালিনের মিশ্রণে সিটেনের শতকরা পরিমাণকে ঐ ডিজেলের সিটেন সংখ্যা বলে। বিশুদ্ধ সিটেনের সিটেন সংখ্যা 100 এবং α-মিথাইল ন্যাপথালিনের সিটেন সংখ্যা শূন্য ধরে এ মান হিসাব করা হয়। কোনো নমুনা ডিজেলের শতকরা 70 ভাগ সিটেন ও 30 ভাগ α-মিথাইল ন্যাপথালিনের মিশ্রণের মত প্রজ্বলন ক্ষমতাসম্পন্ন হয় তবে ঐ নমুনা ডিজেলের সিটেন সংখ্যা 70। ডিজেল তেলের সিটেন সংখ্যা 45 এর উপরে থাকলে সেটি ইঞ্জিনের পক্ষে ব্যবহার উপযোগী হয়।

$C_{16}H_{34}$ (হেক্সাডেকেন) সিটেন সংখ্যা = 100	 α-মিথাইল ন্যাপথালিন সিটেন সংখ্যা = 0

ডিজেল ইঞ্জিনে ব্যবহৃত জ্বালানির ক্ষেত্রে এমনভাবে জ্বালানি নির্বাচন করা হয় যাতে করে সংকোচনের সাথে সাথে দ্রুত দহন ক্রিয়া সম্পন্ন হয়। ডিজেলের মধ্যে প্যারাফিন জাতীয় হাইড্রোকার্বন যতো বেশি উপস্থিত থাকবে সংকোচনের সময় তার দহন ক্রিয়াও ততো দ্রুত ও সহজতর হয়। এক্ষেত্রে ডিজেলের দহন ধর্ম গ্যাসোলিনের ধর্মের ঠিক বিপরীত হয়। ডিজেলের মধ্যে সরল শিকলযুক্ত যৌগ যতো বেশি থাকবে তার সিটেন সংখ্যাও ততো বেশি হয়।

৩. কয়লা : বাংলাদেশে বর্তমানে তিন ধরনের কয়লা পাওয়া যায়। লিগনাইট কয়লা, পিটকয়লা ও বিটুমিন কয়লা। এর মধ্যে বিটুমিন কয়লা উন্নতমানের। দিনাজপুরের বড় পুকুরিয়ায় প্রায় তিন কোটি টন এ কয়লার সন্ধান পাওয়া গিয়েছে। এ কয়লার উপর ভিত্তি করে তাপ বিদ্যুৎকেন্দ্র স্থাপনের পরিকল্পনা হাতে নিয়েছে সরকার। বিদ্যুৎ প্রাপ্তির সহজলভ্যতা ও নিশ্চয়তা পাওয়া গেলে অনেক শিল্প কারখানাই গড়ে উঠবে। বর্তমানে যেকোনো ক্ষুদ্র, মাঝারি ও ভারী শিল্প প্রতিষ্ঠার ক্ষেত্রে প্রথম শর্তই বিদ্যুৎ প্রাপ্তির নিশ্চয়তা। কয়লার উত্তোলন, প্রক্রিয়াকরণ ও বিদ্যুৎ উৎপাদন করা গেলে এ জ্বালানি খাতটি শিল্পায়নে অপার সম্ভাবনার দ্বার উন্মোচন করবে।

জ্বালানি ও খনিজ সম্পদ মন্ত্রণালয়ের তথ্য মতে দেশে আর কোনো গ্যাস না পাওয়া গেলে বিদ্যমান খনিজগুলো থেকে ২০৩০ সালের পর আর কোনো গ্যাস পাওয়া যাবে না। পেট্রোবাংলাই বলছে ২০২০ সালের পর থেকে গ্যাসের উৎপাদন কমতে শুরু করবে। ইনফ্রাস্ট্রাকচার ইনভেস্টমেন ফ্যাসিলিটেশন সেন্টারের (আইআইএফসি) হিসেব মতে, দেশে বর্তমানে পাঁচটি কয়লা ক্ষেত্রে মোট মজুদের পরিমাণ ২৭৫ কোটি ৪০ লক্ষ টন। তাপমাত্রার হিসেবে যা ৮১ টিসিএফ গ্যাসের সমান। বর্তমানে দেশে উত্তোলনযোগ্য কয়লার পরিমাণ ১২৫ কোটি টন। যা ৩৭ টিসিএফ গ্যাসের

সমান। অর্থাৎ এখন পর্যন্ত দেশে প্রমাণিত গ্যাস মজুদের তুলনায় এর পরিমাণ বেশি। সরকারি হিসেব মতে দেশে প্রমাণিত গ্যাসের অর্ধেক ইতিমধ্যেই শেষ হয়েছে।

প্রাথমিক হিসেব মতে মজুদ কয়লা দিয়ে প্রতিদিন ১০ হাজার মেগাওয়াট বিদ্যুৎ উৎপাদন করলেও আগামী ৫০ বছর এ কয়লা দিয়ে বিদ্যুৎ উৎপাদন করা সম্ভব হবে। কিন্তু দুঃখের বিষয় বর্তমানে দিনাজপুরে ২৫০ মেগাওয়াট কয়লাভিত্তিক বিদ্যুৎকেন্দ্র স্থাপন করা হয়েছে। দেশীয় কয়লা ব্যবহার করে এ কেন্দ্র থেকে বিদ্যুৎ উৎপাদন করা হয়। এখন দেশে মহেশখালী, পায়রাবিদ্যুৎ কেন্দ্র, কক্সবাজার, মাওয়া ও রামপালে কয়লাভিত্তিক বিদ্যুৎকেন্দ্র নির্মাণ করা হচ্ছে। তবে এসব বিদ্যুৎকেন্দ্র চলবে আমদানি করা কয়লাতে। দেশীয় কয়লার ব্যবহার নিশ্চিত করা গেলে জ্বালানি নিরাপত্তা নিশ্চিত করা সম্ভব হতো। প্রতি বছর সাশ্রয় হতো ১০ হাজার কোটি টাকারও বেশি।

দেশে বিপুল পরিমাণ কয়লার মজুদ থাকলেও পরিবেশবাদীদের চাপে সরকার কয়লার উত্তোলনের ক্ষেত্রে বেশি দূর এগুতে পারছে না। দীর্ঘদিন ঝুলে থাকার পরও সঠিক কয়লানীতি প্রণয়নের ক্ষেত্রে সরকার সিদ্ধান্ত নিতে পারছে না। বড়ই পরিতাপের বিষয় **15-09-2016** তারিখের জড়িপ অনুযায়ী দেশে বর্তমানে মাত্র শতকরা এক ভাগ বিদ্যুৎ উৎপাদন করা হয় কয়লা থেকে। যেখানে চায়না ২০১৪ সালে ৭৩%, আমেরিকা ২০১৪ সালে ৩৯%, ভারত ২০১৪ সালে ৬৭.৯৪% বিদ্যুৎ উৎপাদন করে কয়লাভিত্তিক বিদ্যুৎ কেন্দ্র থেকে।

৪. **বায়োগ্যাস প্লান্ট :** বায়োগ্যাস প্লান্ট জ্বালানি ক্ষেত্রে বাংলাদেশের গ্রামীণ অর্থনীতিতে ক্ষুদ্র ও মাঝারি ধরনের শিল্পায়নে যথেষ্ট ভূমিকা রাখতে পারে। পর্যাপ্ত বায়োগ্যাস প্লান্ট স্থাপন করা গেলে এ খাতের প্রাপ্ত জ্বালানি ক্ষুদ্র ও মাঝারি শিল্প স্থাপনের ক্ষেত্রে বিশেষ ভূমিকা রাখবে। বায়োগ্যাস প্লান্টের কাঁচামাল গোবর ও জৈব আবর্জনা সহজ প্রাপ্তির কারণে এ খাতের সম্ভাবনা প্রচুর।

৫. **সৌরশক্তি :** সৌরশক্তিকে কাজে লাগিয়ে এরই মধ্যে ক্ষুদ্র শিল্পের বেশ প্রসার ঘটেছে। গ্রামীণ শক্তি, সূর্য পাওয়ার কোম্পানি, ইলেকট্রো সোলার পাওয়ার প্রভৃতি প্রতিষ্ঠান এরই মধ্যে সোলার প্যানেল স্থাপন করে বিদ্যুৎ উৎপাদন করছে। এ প্রক্রিয়ায় যথেষ্ট পরিমাণে বিদ্যুৎ উৎপাদন করা গেলে ক্ষুদ্র ও মাঝারি শিল্পের বিকাশ ও প্রসারের যথেষ্ট সম্ভাবনা রয়েছে।

মনে রাখবে : জীবাশ্ম জ্বালানির বিকল্প হতে পারে নবায়নযোগ্য জ্বালানি। দেশে বিপুল সম্ভাবনা থাকা সত্ত্বেও নবায়নযোগ্য জ্বালানির আশানুরূপ বিকাশ হচ্ছে না। নবায়নযোগ্য জ্বালানি ব্যবহারে আগ্রহ বাড়াতে ও বিদ্যুৎসাশ্রয়ী প্রযুক্তি ব্যবহারে উদ্বুদ্ধ করতে সরকার, বেসরকারি উদ্যোক্তা ও উন্নয়ন সহযোগিদের অংশগ্রহণে **২৭ – ২৯ জানুয়ারি ২০১৬** ঢাকা বিশ্ববিদ্যালয়ে "জাতীয় নবায়নযোগ্য জ্বালানি মেলা ২০১৬" অনুষ্ঠিত হয়। ইউকল, স্রেডা, জিআইজেড, এনার্জিপ্যাক, গ্রামীণ শক্তি, জিটিএস গ্রুপ, রহিম আফরোজ, ইন্ট্রাকো, এনআইসি সোলার, বাংলাদেশ ব্যাংকের গ্রিন ব্যাংকিং বিভাগ মেলায় অংশগ্রহণ করে। সৌরশক্তি ও অন্যান্য নবায়নযোগ্য জ্বালানির ব্যবহার নিশ্চিত করতে বিভিন্ন কর্ম পরিকল্পনা হাতে নেওয়া হয়। এটি বাস্তবায়ন করতে পারলে জীবাশ্ম জ্বালানির ব্যবহার কমবে এবং বায়ুমণ্ডলের উষ্ণায়ন কমবে। প্রতিনিয়ত খরা, অনাবৃষ্টি, জলোচ্ছ্বাস, ঘূর্ণিঝড়ের মতো প্রাকৃতিক দুর্যোগও কমবে। দেশে নবায়নযোগ্য জ্বালানির ব্যবহার বাড়ানো যায় এবং এসব প্রযুক্তির সাথে জনসাধারণকে পরিচয় করিয়ে দেওয়াই মেলার অন্যতম লক্ষ। ২০২০ সালের মধ্যে মোট বিদ্যুতের ১০ শতাংশ নবায়নযোগ্য জ্বালানি থেকে উৎপাদনের পরিকল্পনাকে বাস্তবায়নের লক্ষে এ আয়োজন।

৬. **নবায়নযোগ্য জ্বালানি :** সমুদ্র সম্পদের দিক থেকে বাংলাদেশ যথেষ্ট গুরুত্ববহ। আমাদের রয়েছে বিশাল সমুদ্র উপকূল। বিশ্বের সর্ববৃহৎ সমুদ্র সৈকত কক্সবাজার। এছাড়াও দেশের দক্ষিণাঞ্চলে ছোট বড় অনেকগুলো দ্বীপ জেগে উঠেছে। সমুদ্রপৃষ্ঠের উত্তাল ঝড়ো হাওয়াকে কাজে লাগিয়ে নবায়নযোগ্য জ্বালানি উৎপাদনের অপার সম্ভাবনা রয়েছে। গ্লোবাল উইন্ড এনার্জি কাউন্সিল এ বিষয়ে একটি সমীক্ষা অনুসন্ধান জরিপের মাধ্যমে প্রতিবেদন পেশ করেছে। এ থেকে দেখা যায়, বায়ু টারবাইন নির্মাণের মাধ্যমে বাংলাদেশ বিদ্যুৎ চাহিদার বড় একটি অংশ মিটাতে পারে। আগামী পাঁচ বছরে বিশ্বব্যাপী বায়ু টারবাইনগুলোর উৎপাদন ক্ষমতা ৫৩৬ গিগাওয়াট ছাড়িয়ে যাবে বলে ধারণা করা হচ্ছে। সেখানে বাংলাদেশের ক্ষেত্রে এত অপার সম্ভাবনা থাকা সত্ত্বেও শুধু সুষ্ঠু পরিকল্পনা ও উদ্যোগের কারণে এ প্রকল্প বাস্তবায়ন সম্ভব হচ্ছে না। ১০৫ – ১১০ মিটার উচ্চতা সম্পন্ন ১০০টি বায়ু টারবাইন নির্মাণ করা সম্ভব হলে এ প্রকল্প থেকে প্রায় এক গিগাওয়াট বিদ্যুৎ উৎপাদন করা সম্ভব। ২০১১ সালে জাপানে ভূমিকম্প ও সুনামিতে ফুকুশিমা পরমাণু

বিদ্যুৎ কেন্দ্রের ক্ষতিসাধনের পর জাপান সরকার মাত্র ২২ কোটি ৫৭ লাখ ডলার ব্যয়ে বায়ু টারবাইন নির্মাণের কাজ হাতে নেয়। নভেম্বর ২০১৩ থেকেই এ প্রকল্পের মাধ্যমে ১৭০০ মেগাওয়াট বিদ্যুৎ উৎপাদন করা সম্ভব হচ্ছে। ২০২০ সালের মধ্যে এ প্রকল্পের উৎপাদন ক্ষমতা অনেক গুণ বেড়ে যাবে। ভবিষ্যতে পরিবেশ বান্ধব এ নবায়নযোগ্য জ্বালানি উৎপাদন করা গেলে জ্বালানি ক্ষেত্রে বাংলাদেশ স্বয়ংসম্পূর্ণ হবে এবং ভবিষ্যতে শিল্পায়নের দ্বার আরো প্রশস্ত হবে।

বিদ্যুৎ খাতে বাংলাদেশে চরম অবহেলার শিকার নবায়নযোগ্য বায়ু বিদ্যুৎ প্রকল্প। ফেনীর সোনাগাজীতে স্থাপিত দেশের প্রথম বায়ু, বিদ্যুৎকেন্দ্রটি গত সাত বছর উৎপাদন বন্ধ থাকার পর **25-02-2014** তারিখ থেকে পুনরায় চালু হয়েছে। এখানে চারটি টারবাইন দিয়ে বায়ু প্রবাহ কাজে লাগিয়ে প্রতিদিন ০.৯ মেগাওয়াট বিদ্যুৎ উৎপাদন করার ব্যবস্থা করা হয়েছে। দেশের দ্বিতীয় বায়ু বিদ্যুৎ কেন্দ্রটি কুতুবদিয়ায়। দীর্ঘ তিন বছর যাবত এটি বন্ধ থাকার পর বর্তমানে পুনরায় উৎপাদনে আনার প্রক্রিয়ায় উদ্যোগ নেয়া হয়েছে সরকারের উচ্চ পর্যায় হতে।

২০০৫ সালের ১৩ই সেপ্টেম্বর ফেনীর মহুরী নদীর তীর ঘেঁষে খোয়াজের লামছি মৌজায় প্রথম বায়ু বিদ্যুৎ প্রকল্প হতে ৪টি ২২৫ কিলোওয়াট ক্ষমতা সম্পন্ন ৫০ মিটার উচু টারবাইন টাওয়ার ও তার মাথায় স্থাপিত দের টন ওজনের পাখার সাহায্যে প্রতিদিন এক মেগাওয়াট বিদ্যুৎ উৎপাদন শুরু হয়। চালুর মাত্র দুই বছর পর ২০০৭ সালে পুরোপুরি বন্ধ হয়ে যায় বিদ্যুৎ কেন্দ্রটি শুধুমাত্র নিরাপত্তাও রক্ষণাবেক্ষণ জনিত ত্রুটির কারণে।

ফেনীর মুহুরিড্যাম এলাকাকে বায়ু বিদ্যুৎ উৎপাদনে সবচেয়ে উৎকৃষ্ট স্থান মনে করা হয়। এখানে ২০ বর্গ কিলোমিটারের একটি উপকূলীয় জায়গা রয়েছে। এখানে এ প্রকল্প গ্রহণ করলে এখান থেকে কমপক্ষে ৫০০০ (পাঁচ হাজার) মেগাওয়াট বিদ্যুৎ উৎপাদন করা সম্ভব। মুহুরিড্যাম এলাকা থেকে গ্রিডলাইনের দূরত্ব মাত্র ১৪ কিলোমিটার। কাজেই এখানে নতুন করে কোন গ্রিডলাইনও নির্মাণ করার প্রয়োজন পড়বে না। বাতাসের গতিবেগ ২ $m.s^{-1}$ হলেই যেখানে সফলভাবে বিদ্যুৎ উৎপাদন করা সম্ভব। সেখানে এখানে বাতাসের গতিবেগ ৫—৭ $m.s^{-1}$।

এছাড়া কক্সবাজারের ইনানী বীচ, চট্টগ্রামের সীতাকুণ্ড, চাঁদপুরের উপকূল, নাটোরের লালপুর, কুয়াকাটা, পতেঙ্গা, টেকনাফ, শরণখোলা এবং লক্ষ্মীপুরের রামগতিতে টাওয়ার স্থাপনের উজ্জ্বল সম্ভাবনা আছে। প্রতি ইউনিট বিদ্যুতের মূল্য তেল চালিত বিদ্যুৎ কেন্দ্র থেকে (ফার্নেস অয়েল) বর্তমানে ১৪ থেকে ১৬ টাকা এবং ডিজেল চালিত ২০ থেকে ২২ টাকা, কয়লায় ১২ থেকে ১৪ টাকা, এমনকি সৌর বিদ্যুৎ প্রকল্প হতে গ্রিডভিত্তিক বিদ্যুৎ উৎপাদন হলেও প্রতি ইউনিটের মূল্য ১৪ টাকার নিচে পড়ে না। সেখানে বাতাসের গতিবেগ 2 $m.s^{-1}$ হলেও বায়ু বিদ্যুৎ উৎপাদনে প্রতি ইউনিট খরচ পড়বে মাত্র ৮ টাকা। নবায়নযোগ্য জ্বালানি হওয়ায় এখানে জ্বালানি আমদানির প্রয়োজন পড়বে না। শিল্পবর্জ্য একেবারে নেই বললেই চলে। তাই পরিবেশগতভাবে এর কোনরূপ বিরূপ প্রভাব নেই।

জ্বালানির ও খনিজ সম্পদ মন্ত্রণালয়ে ও পিডিবি এর তথ্য সূত্র থেকে জানা যায় যুক্তরাষ্ট্রের ন্যাশনাল রিনিউউবল এনার্জি ল্যাবরেটরি (NREL) বাংলাদেশের চারটি স্থানে উইন্ডমাস বসিয়ে বায়ু মানচিত্রে তৈরি করার আগ্রহ প্রকাশ করেছে। তারা কক্সবাজারের ইনানী বীচ, চট্টগ্রামের সীতাকুণ্ডে, নাটোরের লালপুর এবং চাঁদপুরের উপকূলীয় এলাকায় স্থাপনের আশা প্রকাশ করেছেন।

বাংলাদেশের একই রূপ ভৌগোলিক এলাকায় অবস্থিত ভারত বায়ুতে বর্তমানে ১১ হাজার মেগাওয়াট বিদ্যুৎ, চীন ৯০ হাজার মেগওয়াট, জাপান ১ লক্ষ ৭৫ হাজার মেগওয়াট বিদ্যুৎ উৎপাদন করছে। বাংলাদেশে এ প্রকল্পের রয়েছে অপার সম্ভাবনা। শুধু বায়ু বিদ্যুৎ কেন্দ্র নির্মাণের ক্ষেত্রে প্রাথমিক প্রকল্প ব্যয় প্রায় দ্বিগুণ বিধায় সরকার এ প্রকল্প বাস্তবায়নে আর্থিক শঙ্কা বোধ করছে।

জীবাশ্ম জ্বালানির ওপর নির্ভরতা কমিয়ে দূষণহীন পুনঃ ব্যবহারযোগ্য প্রযুক্তির ব্যবহারের প্রচারণার উদ্দেশ্যে সুইজারল্যান্ড গত **09-03-2015** তারিখে সংযুক্ত আরব আমিরাতের রাজধানী আবুধাবি থেকে 'সোলার ইমপালস-টু' নামের একটি সোলার বিমান সারা পৃথিবী ভ্রমণের উদ্দেশ্যে যাত্রা শুরু করে। প্রতি ঘণ্টায় 140 কিলোমিটার বেগের এ সোলার বিমান **19-03-2015** তারিখে বাংলাদেশের আকাশের ওপর দিয়ে উড়ে যায়। পাঁচ মাসে বিমানটি 35 হাজার কিলোমিটার পথ পাড়ি দেবে। এ বিমানের পিঠের ওপর রয়েছে 72 মিটার টানা লম্বা ডানা, তার ওপর বসানো 17248 টি সৌর কোষ। যারা শুষে নিতে পারে সূর্যের শক্তি ফোটন কণা ($E = h\upsilon$) আর সেই শক্তিকে রসদ করেই পাড়ি দেবে বিমান। দিনের বেলায় যে সৌরশক্তি জমা হবে, তাতে রাতেও উড়বে বিমানটি।

৭. **এলএনজি :** দিন দিন দেশে প্রাকৃতিক গ্যাসের স্বল্প মজুদ ফুরিয়ে আসছে। অগ্রসরমান বাংলাদেশে শিল্পায়নসহ নানামুখী কাজে চাহিদা বাড়লেও দেশে প্রাকৃতিক গ্যাসের উৎপাদন সে হারে না বাড়ায় বিকল্প হিসেবে তরলীকৃত প্রাকৃতিক গ্যাস বা এলএনজি আমদানির সিদ্ধান্ত নিয়েছে সরকার। গত **31-3-2016** রোজ বৃহস্পতিবার পেট্রোবাংলার সাথে মার্কিন প্রতিষ্ঠান এক্সিলারেট এনার্জির চুক্তি স্বাক্ষরিত হয়েছে। চুক্তি অনুযায়ী ২০১৮ সালের প্রথম প্রান্তিকের মধ্যে কক্সবাজারের মহেশখালীতে ভাসমান এলএনজি টার্মিনালের নির্মাণ কাজ শেষ হবে। বিশেষ প্রকৃতির কন্টেইনারে করে –261°C তাপমাত্রায় জাহাজে করে এলএনজি এ টার্মিনালে আনা হবে। এখান থেকে এলএনজি খালাস করে বিশেষ প্রক্রিয়ায় তা গ্যাসে রূপান্তর করে পাইপ লাইনের মাধ্যমে দেশের সব অঞ্চলে সরবরাহ করা হবে। প্রাথমিকভাবে কাতার থেকে এলএনজি আমদানি করা হলেও পরবর্তিতে অন্যান্য দেশ থেকেও আমদানি করা হবে। প্রথমদিকে দৈনিক 500 মিলিয়ন ঘনফুট গ্যাসের সমপরিমাণ এলএনজি আমদানি করা হলেও পরবর্তিতে দৈনিক একশ কোটি ঘনফুট গ্যাসের সমপরিমাণ এলএনজি আমদানির আশা করছে সরকারের জ্বালানি বিভাগ। জ্বালানি ক্ষেত্রে বিশেষ করে দেশে শিল্পায়নের ক্ষেত্রে এটি একটি মাইলফলক।

৮. **পরমাণু বিদ্যুৎ কেন্দ্র :** বাংলাদেশ স্বাধীনতা লাভের পরই তৎকালীন সোভিয়েট ইউনিয়নের আর্থিক ও কারিগরি সহায়তায় পাবনার রূপপুর পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্র স্থাপনের কাজ শুরু করে সরকার। দীর্ঘদিন এ প্রকল্পের কাজ বন্ধ থাকলেও 2013 সালে পুনরায় সরকার উদ্যোগ গ্রহণ করেছে এ প্রকল্পের বাস্তবায়নের। এ প্রকল্প বাস্তবায়িত হলে বিদ্যুতের আর ঘাটতি থাকবে না। ফলে শিল্পায়ন সহজতর হবে এবং দেশ দ্রুত শিল্পসমৃদ্ধ হবে বলে আশা করা যায়।

৯. **ভবিষ্যৎ উজ্জ্বল সম্ভাবনা :** ২০১২ সালের ১৪ই মার্চ বাংলাদেশ - মিয়ানমার সমুদ্রসীমা মামলার প্রেক্ষিতে ইন্টারন্যাশনাল ট্রাইব্যুনাল ফর দ্যা ল অব দ্যা সি (ITLOS) থেকে ইতোমধ্যেই দু'শ নটিক্যাল মাইল পর্যন্ত এক্সক্লুসিভ ইকোনমিক জোনের (EEZ) মহীসোপানে সকল প্রাণিজ ও খনিজ সম্পদের ওপর বাংলাদেশের সার্বভৌম অধিকার প্রতিষ্ঠিত হয়েছে। সমুদ্র শুধু বিশাল মৎস্য ভাণ্ডার নয়, এখানে রয়েছে অফুরন্ত প্রাকৃতিক ও খনিজ সম্পদের ভাণ্ডার। তেল-গ্যাসসহ নানা খনিজ সম্পদ সঞ্চিত রয়েছে এ সাগরের তলদেশে। সমুদ্র সম্পদের অপার সম্ভাবনাকে কাজে লাগাতে বাংলাদেশ সরকার "নীল সমুদ্র অর্থনীতি" নামে একটি প্রকল্প হাতে নিয়েছে। আশা করা যায় এটি জ্বালানি ক্ষেত্রে অপার সম্ভাবনার দ্বার উন্মোচন করবে।

গত **12-03-2014** ইং বুধবার, পেট্রোবাংলার সাথে অস্ট্রেলিয়ার তেল গ্যাস অনুসন্ধানকারী সন্তোষ ও সিঙ্গাপুরের আন্তর্জাতিক তেল গ্যাস অনুসন্ধানকারী ক্রিস এনার্জি এর মধ্যে একটি চুক্তি স্বাক্ষরিত হয়। এ চুক্তি অনুযায়ী অগভীর সমুদ্রের ১১ নম্বর ব্লকের তেল গ্যাস অনুসন্ধান কার্যক্রম পরিচালনা করবে তারা। সম্ভবত সেদিন বেশি দূরে নয় বাংলাদেশ তেল উৎপাদনকারী দেশ হিসেবে পৃথিবীর মানচিত্রে নিজের জায়গা করে নিতে সক্ষম হবে।

৫.৪ বাংলাদেশের উল্লেখযোগ্য রসায়ন শিল্প পরিচিতি

(Introduction to Mentionable Chemical Industries)

সভ্যতার ক্রমবিকাশ এবং সময় উপযোগী চাহিদার সাথে সাথে বাংলাদেশের রসায়ন শিল্পের যথেষ্ট বিকাশ ও প্রসার না ঘটলেও এ শিল্পের অগ্রগতি একেবারে কম নয়। কিছু কিছু সাফল্য ঈর্ষণীয় যেমন ঔষধ শিল্প, সিমেন্ট শিল্প, ব্যাটারি শিল্প। আবার বেশ কিছু ক্ষেত্রে যথেষ্ট সুযোগ থাকা সত্ত্বেও ব্যর্থতা যথেষ্ট; যেমন চা, চামড়া, চিনি, রেশম, কস্টিক প্লান্ট ইত্যাদি। শিল্প উদ্যোক্তার অভাব, অর্থনৈতিক সমস্যা, রাজনৈতিক কারণ কারিগরি জ্ঞান ও দক্ষ শ্রমিকের অভাব, সর্বোপরি আর্থসামাজিক অবকাঠামোর দুর্বলতা থাকা সত্ত্বেও রসায়ন শিল্পের যে অগ্রগতি হয়েছে তার উল্লেখযোগ্য কতকগুলো শিল্পের শিল্প পরিচিতি নিচে উল্লেখ করা হলো–

১. **সারশিল্প :** বাংলাদেশের রসায়ন শিল্পের মধ্যে সারশিল্প উল্লেখযোগ্য। যেমন

(ক) **চট্টগ্রাম কর্ণফুলী ফার্টিলাইজার কোম্পানি লিমিটেড :** এটি চট্টগ্রামের কর্ণফুলি নদীর তীরে অবস্থিত। বাৎসরিক প্রায় 561×10^3 মেট্রিক টন ইউরিয়া সার এখানে উৎপাদিত হয়।

(খ) **জিয়া সার কারখানা :** এটি আশুগঞ্জে অবস্থিত। এর বাৎসরিক উৎপাদন ক্ষমতা প্রায় 575×10^3 মেট্রিক টন। এখানে প্রায় 528×10^3 থেকে 303×10^3 মেট্রিক টন ইউরিয়া সার এবং অ্যামোনিয়াম ফসফেট সার উৎপাদিত হয়।

(গ) **পলাশ ইউরিয়া ফার্টিলাইজার ফ্যাক্টরি লিমিটেড :** নরসিংদীর ঘোড়াশালে মেঘনা নদীর তীরে এটি প্রতিষ্ঠিত হয়েছে। এখানে ইউরিয়ার পাশাপাশি অ্যামোনিয়াম সালফেট উৎপাদন করা হয়। বাৎসরিক উৎপাদন প্রায় 95×10^3 থেকে 80×10^3 মেট্রিক টন।

(ঘ) **টিএসপি কমপ্লেক্স লিমিটেড :** চট্টগ্রামের পতেঙ্গায় এটি অবস্থিত। এখানে ট্রিপল সুপার ফসফেট (TSP) সার উৎপাদন করা হয়। এ শিল্পের বাৎসরিক উৎপাদন ক্ষমতা 137×10^3 মেট্রিক টন।

(ঙ) **ফেঞ্চুগঞ্জ সার কারখানা :** ফেঞ্চুগঞ্জ সার কারখানা সিলেটের ফেঞ্চুগঞ্জে অবস্থিত। এ শিল্প ইউনিটে ইউরিয়া ও অ্যামোনিয়াম সালফেট সার উৎপাদন করা হয়। এখানকার বাৎসরিক উৎপাদন প্রায় 106×10^3 থেকে 111×10^3 মেট্রিক টন।

(চ) **যমুনা সার কারখানা :** এটির পূর্ণ নাম যমুনা ফার্টিলাইজার কোম্পানি লি. (JFCL), জামালপুর।

(ছ) **ঘোড়াশাল সার কারখানা :** এটির পূর্ণনাম ইউরিয়া ফার্টিলাইজার ফ্যাক্টরি লি. (UFFL), ঘোড়াশাল, নরসিংদী।

(জ) **ডিএপি ফার্টিলাইজার কোম্পানি লিমিটেড :** এটি চট্টগ্রামের রাঙ্গাদিয়ায় অবস্থিত। এখানে ডাই অ্যামোনিয়াম ফসফেট (DAP) সার উৎপাদন করা হয়।

(ঝ) **চিটাগাং ইউরিয়া ফার্টিলাইজার ফ্যাক্টরি লিমিটেড :** এটি চট্টগ্রামে অবস্থিত। এখানে ইউরিয়া সার উৎপাদন করা হয়।

২. **চিনি শিল্প :** বাংলাদেশের চিনি শিল্পগুলো হচ্ছে– (ক) ফরিদপুর চিনি কল, মধুখালি, ফরিদপুর। (খ) কুষ্টিয়া চিনি কল, দর্শনা, কুষ্টিয়া। (গ) রাজশাহী চিনি কল, হরিয়ান, রাজশাহী। (ঘ) পঞ্চগড় চিনি কল, দিনাজপুর। (ঙ) জিল বাংলা চিনি কল, দেওয়ানগঞ্জ, জামালপুর। (চ) ঠাকুরগাঁও চিনি কল, ঠাকুরগাঁও। (ছ) মোবারকগঞ্জ চিনি কল, যশোর। (জ) 'দেশবন্ধু চিনি কল, চরসিন্দুর, নরসিংদী। (ঝ) জয়পুরহাট চিনি কল, জয়পুরহাট। (ঞ) মেসার্স কেরু এন্ড কোং, দর্শনা, কুষ্টিয়া। (ট) সেতাবগঞ্জ চিনি কল, দিনাজপুর।

৩. **কাগজ শিল্প :**

(ক) **কর্ণফুলী পেপার মিলস্ লিমিটেড :** এটি চট্টগ্রামের চন্দ্রঘোনায় অবস্থিত। এ শিল্প ইউনিটে সাধারণত লেখা ও বই ছাপানোর কাজে ব্যবহৃত বিভিন্ন প্রকারের কাগজ উৎপাদিত হয়।

(খ) **খুলনা নিউজপ্রিন্ট :** এটি খুলনায় অবস্থিত। এখানে গেওয়া গাছের কাঠ ও গোলপাতাকে কাঁচামাল হিসেবে ব্যবহার করে ডুপ্লিকেটিং কাগজ, টিস্যু পেপার, পোস্টার পেপার তৈরি করা হয়।

(গ) **খুলনা হার্ডবোর্ড মিলস্ লিমিটেড :** এটিও খুলনার খালিশপুরে অবস্থিত। সুন্দরবনের সুন্দরী কাঠ এ শিল্পের প্রধান কাঁচামাল। এখান থেকে হার্ডবোর্ড উৎপাদন করা হয়।

(ঘ) **নর্থ বেঙ্গল পেপার মিলস্ :** পাবনার পাকশীতে এটি প্রতিষ্ঠিত হয়েছে। এ শিল্পের প্রধান কাঁচামাল আখের ছোবরা, গমের খড়, পাটকাঠি ও কাঁচা পাট। এখানে উন্নতমানের মণ্ড তৈরি হয়।

(ঙ) **সিলেট পাল্প এন্ড পেপার মিল :** এটি ছাতক পেপার নামে পরিচতি। সুনামগঞ্জ জেলায় ছাতকে এটি প্রতিষ্ঠিত করা হয়েছে। এ শিল্পের প্রধান কাঁচামাল বাঁশ ও জুটকাটিং। এখানেও উন্নত মানের মণ্ড তৈরি হয়।

৪. **সিমেন্ট শিল্প :** বাংলাদেশে বর্তমানে সরকারি ও বেসরকারিভাবে প্রতিষ্ঠিত মোট সিমেন্ট ফ্যাক্টরির সংখ্যা ৪৫টি এবং আরো বেশ কয়েকটি প্রক্রিয়াধীন। উৎপাদনে আসা ৪৫টি শিল্প ইউনিটের মধ্যে ৪টি বহুজাতিক কোম্পানি দ্বারা প্রতিষ্ঠিত আর বাকি ৪১টিই ব্যক্তিমালিকানাধীন। এর মধ্যে লাফার্জ সুরমা সিমেন্ট, সিমেক্স সিমেন্ট ফ্যাক্টরি,

হোলসিম সিমেন্ট ফ্যাক্টরি ও হাইডেল বার্গ সিমেন্ট ফ্যাক্টরি বহুজাতিক কোম্পানি দ্বারা প্রতিষ্ঠিত সিমেন্ট ফ্যাক্টরি। ব্যক্তিমালিকানাধীন ফ্যাক্টরিগুলো মধ্যে ক্রাউন্ট সিমেন্ট, কনফিডেন্স সিমেন্ট, মেঘনা সিমেন্ট, এম আই সিমেন্ট, প্রিমিয়ার সিমেন্ট, আরামিট সিমেন্ট ইত্যাদি বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য।

লাফার্জ সুরমা সিমেন্ট ফ্যাক্টরি : এটি সুনামগঞ্জের ছাতকে সুরমা নদীর তীরে অবস্থিত। এটি বাংলাদেশের বৃহৎ সিমেন্ট ফ্যাক্টরি। এখানে চুনাপাথর ও মাটির সাহায্যে ক্লিংকার প্রস্তুত করা হয়।

বিসিআইসি নিয়ন্ত্রণাধীন সিমেন্ট ফ্যাক্টরি হলো ছাতক সিমেন্ট কোম্পানি লিমিটেড। এটিও সুনামগঞ্জের ছাতকে অবস্থিত।

৫. **লৌহ ও ইস্পাত শিল্প :** চট্টগ্রামের উত্তর পতেঙ্গায় এ শিল্প ইউনিট প্রতিষ্ঠিত। এটি চট্টগ্রাম ইস্পাত কারখানা নামে পরিচিত। এখানে ওপেন হার্থ পদ্ধতিতে ইস্পাত উৎপাদন করা হয়। বার্ষিক উৎপাদন ক্ষমতা প্রায় 25×10^4 টন। আমদানিকৃত পিলেট এ শিল্পের কাঁচামাল।

৬. **ক্লোরো অ্যালকালি শিল্প :** এটি 'চট্টগ্রাম কেমিক্যাল কমপ্লেক্স' নামে পরিচিত। এখানে কস্টিক সোডা, ক্লোরিন, হাইড্রোক্লোরিক এসিড, ব্লিচিং পাউডার ও ডি.ডি.টি উৎপাদন করা হয়।

৭. **সাবান ও ডিটারজেন্ট :** বাংলাদেশে এ শিল্পের যথেষ্ট প্রসার ঘটেছে। দেশে বর্তমানে 17 টি যান্ত্রিক শিল্প ইউনিটে বাণিজ্যিক সাবান উৎপাদন করা হয়। এর মধ্যে চট্টগ্রামে লিভার ব্রাদার্স লি:, ঢাকার কোহিনুর কেমিক্যাল বেশ প্রসিদ্ধ। এছাড়াও কমান্ডার সোপ কোং, সিরকো সোপ, ডায়মন্ড সোপ বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য।

৮. **চামড়া :** ঢাকার হাজারীবাগে ও চট্টগ্রামে কর্ণফুলী নদীর তীরসহ বিচ্ছিন্নভাবে ছোট-বড় অনেকগুলো শিল্প ইউনিট প্রতিষ্ঠিত হয়েছে। এসব শিল্প ইউনিটে কাঁচা চামড়াকে পাকা চামড়ায় পরিবর্তিত করা হয়। তবে বর্তমানে কাঁচা চামড়ার 75% 'ওয়েট ব্লু' চামড়ায় পরিবর্তিত করা হয়। এ ওয়েট ব্লু চামড়া থেকে 'ফিনিশ্‌ড লেদার' উৎপন্ন করা হয়।

'চামড়া শিল্প পার্ক' হিসেবে ঢাকার হাজারীবাগের ও চট্টগ্রামের শিল্প ইউনিটগুলোকে সাভারে স্থানান্তরিত করার ক্ষেত্রে সরকারের একটি বৃহৎ কর্ম-পরিকল্পনা বাস্তবায়নের পথে। এখানে বেসরকারি চামড়া শিল্প উদ্যোক্তাদের জন্য উপযোগী শিল্প প্লান্টসহ অবকাঠামোগত সুবিধা প্রদান করা হবে। কারখানাসমূহের উপজাত বর্জ্য পরিবেশসম্মতভাবে প্রক্রিয়াকরণের জন্য এখানে 'সিইটিপি' ও 'ডাম্পিং ইয়ার্ড' স্থাপন করা হচ্ছে।

৯. **সিরামিক :** সিরামিকের দ্রব্য সামগ্রী উৎপাদনের ক্ষেত্রে ইতোমধ্যে বাংলাদেশ যথেষ্ট সাফল্য অর্জন করেছে, এর মধ্যে মুন্নু সিরামিক ধামরাই, ঢাকা; সাভারের সাইন পুকুর সিরামিক, গাজীপুরের স্টান্ডার্ড সিরামিক, টঙ্গীর পিপলস সিরামিক, গাজীপুরের হোতাপাড়ার ফুওয়াং সিরামিক, মধুমতি টাইলস বেঙ্গল সিরামিক প্রভৃতি বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য।

১০. **কাচ :** কাচ শিল্পেও বাংলাদেশ পিছিয়ে নেই। নাসির গ্রুপের PHP গ্লাস ফ্যাক্টরি বেশ বড় আকারের একটি কাচ শিল্প ইউনিট। এছাড়াও চট্টগ্রামের ওসমানিয়া গ্লাস শিট ফ্যাক্টরি, ঢাকার ডেমরায় বেঙ্গল গ্লাস ওয়ার্কস, টঙ্গীর আলী গ্লাস এন্ড ওয়ার্কস লি. ইত্যাদি বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য।

১১. **কীটনাশক শিল্প :** বাংলাদেশে বেশ কয়েকটি কীটনাশক শিল্প ইউনিট প্রতিষ্ঠিত হয়েছে। চট্টগ্রামের সিবা গেইগী, নারায়ণগঞ্জের আইসিআই, চট্টগ্রামের বারবকুণ্ডের চিটাগাং কেমিক্যাল কমপ্লেক্স বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য।

১২. **প্রসাধনী শিল্প :** বাংলাদেশে বিভিন্ন প্রকার প্রসাধনী দ্রব্য সামগ্রী উৎপাদন করা হয়ে থাকে। এর মধ্যে লিভার ব্রাদার্স লিমিটেড, কোহিনুর কেমিক্যাল কোম্পানি, স্কয়ার লিমিটেড বিশেষভাবে প্রসিদ্ধ।

১৩. **রং শিল্প :** প্রায় ৪০টির মতো রং শিল্প ইউনিট প্রতিষ্ঠিত হয়েছে, এর মধ্যে বার্জার পেইন্ট (বাংলাদেশ) লিমিটেড, এশিয়ান পেইন্টস (বাংলাদেশ) লিমিটেড, এলিট কেমিক্যাল ইন্ডাস্ট্রিজ উল্লেখযোগ্য রং শিল্প ইউনিট।

১৪. **প্লাস্টিক শিল্প :** দেশে এখন ১৫ ক্যাটাগরির প্লাস্টিক পণ্য তৈরি হচ্ছে। দেশের চাহিদা মিটিয়ে রপ্তানি হচ্ছে প্লাস্টিক পণ্য সামগ্রী। বিশেষ করে, আর এফ এল, বেঙ্গল, ওয়ালটন, তালুকদারসহ বিভিন্ন দেশীয় প্রতিষ্ঠানে এসব পণ্য উৎপাদন করা হচ্ছে। বাংলাদেশের রপ্তানি বাণিজ্যে প্লাস্টিক শিল্পের গুরুত্ব দিন দিন বাড়ছে।

এছাড়াও দিয়াশলাই শিল্প, রবার শিল্প, পলিমার শিল্প, ফুড এন্ড বেভারেজ শিল্প ইউনিট বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য।

রসায়ন শিক্ষা সফর : শ্রেণির সকল ছাত্রছাত্রী এবারের শীতের ছুটিতে বা অন্য কোন ছুটিতে কাছে বা দূরের কোন ভারী রসায়ন শিল্পকারখানা পরিদর্শন করে আসবে। এ বিষয়ে শ্রেণিশিক্ষক এবং কলেজের অধ্যক্ষ মহোদয় দিক নির্দেশনা, পরামর্শ ও প্রয়োজনীয় ব্যবস্থাদি গ্রহণ করবেন। শিল্প কারখানা পরিদর্শন শেষে একটি প্রতিবেদন শ্রেণিশিক্ষকের নিকট জমা দিবে।

৫.৫ ইউরিয়া, কাচ, সিরামিক, পাল্প-পেপার ও সিমেন্ট উৎপাদনের মূলনীতি

(Principles of Urea, Glass, Ceramics, Pulp-Paper & Cement Production)

৫.৫.১ ইউরিয়া উৎপাদনের মূলনীতি (Principles of Urea Production)

ইউরিয়া বাংলাদেশের মাটির জন্য একটি অত্যন্ত প্রয়োজনীয় রাসায়নিক সার। স্থানীয়ভাবে পাওয়া যায় এমন কাঁচামাল NH_3 ও CO_2 হতে ইউরিয়া উৎপাদন করা হয়।

মূলনীতি : NH_3 ও CO_2 গ্যাসকে 3200 Psi চাপে 380 °C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে প্রথমে অ্যামোনিয়াম কার্বামেট ও পরে ইউরিয়া উৎপন্ন হয়।

$2NH_3 + CO_2 \rightleftharpoons NH_4CO_2NH_2$. $\quad NH_4CO_2NH_2 \rightleftharpoons H_2N - CO - NH_2 + H_2O$.

প্রাকৃতিক গ্যাস ও বায়ু হতে H_2 ও N_2 কে সংগ্রহ করা হয়। প্রাকৃতিক গ্যাসের মধ্যে ভেজাল থাকে বলে একে সালফার গার্ড এর মধ্য দিয়ে চালনা করে সালফার বিমুক্ত করা হয়।

$CH_4(g) + H_2O_{(স্টিম)} \xrightarrow[\text{তাপ}]{Ni} CO(g) + H_2(g) + CO_2(g)$. $\quad CH_4 + \text{বায়ু} \rightarrow CO(g) + CO_2(g) + 2H_2(g) + N_2(g)$.

এ প্রক্রিয়াটি রিফর্মিং প্লান্টে সম্পন্ন করা হয়। এ গ্যাস মিশ্রণকে কার্বনেট দ্রবণে শোষণ করে CO_2 অপসারিত করা হয়। অবশিষ্ট গ্যাসকে (N_2, H_2, CO) কপার লিকারের ভিতর দিয়ে চালনা করে CO অপসারিত হয়। অবশিষ্ট গ্যাসে 1 : 3 অনুপাতে N_2 ও H_2 বর্তমান থাকে। প্রাপ্ত N_2 ও H_2 কে 1000 atm চাপে ফিল্টার বক্সের মধ্যে চালনা করা হয়। ফলে ভেজাল পৃথক হয়ে যায়।

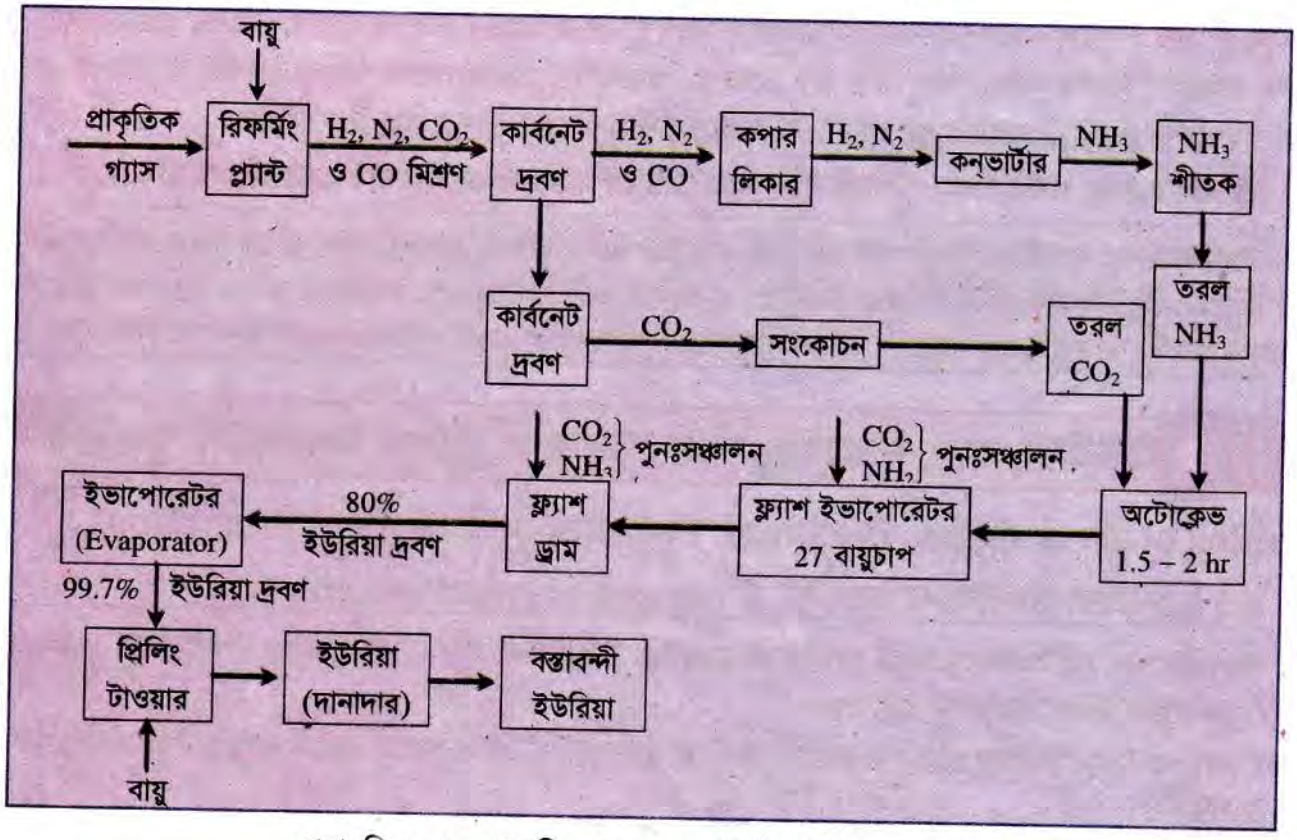
বায়ুকে এমনভাবে নিয়ন্ত্রণ করা হয় যাতে N_2 ও H_2 প্রবাহে তাদের মোলার অনুপাত 1 : 3 থাকে। এ বিশুদ্ধ গ্যাস মিশ্রণকে 300 atm চাপে প্রভাবক উদ্দীপকসহ আয়রন প্রভাবকের উপস্থিতিতে 500°C তাপমাত্রায় চালনা করলে NH_3 উৎপন্ন হয়।

$$N_2 + 3H_2 \xrightarrow[500°C \text{ প্রভাবক } Fe]{300 \text{ atm}} 2NH_3.$$

উৎপন্ন NH_3 কে প্রথমে ঠাণ্ডা পানি ও পরে NH_3 রেফ্রিজারেশন দ্বারা ঘনীকরণ করে সরিয়ে নেওয়া হয়। অপরিবর্তিত N_2 ও H_2 কে পুনঃসঞ্চালন করে পুনরায় NH_3 তে পরিণত করা হয়।

CO_2 শোষিত কার্বনেট দ্রবণকে উত্তপ্ত করে CO_2 কে পৃথক করে নেওয়া হয় এবং একে তরলায়িত করা হয়। তরল CO_2 ও তরল NH_3 কে বাষ্প করে অটোক্লেভে পাঠানো হয়। এখানে প্রায় দু ঘণ্টাকাল রাখা হয়। ফলে বিক্রিয়া সম্পন্ন হয় এবং ইউরিয়া অ্যামোনিয়াম কার্বামেট ও পানির তরল মিশ্রণ পাওয়া যায়। এখানে সামান্য কিছু অপরিবর্তিত NH_3 ও CO_2 থেকে যায়। প্রক্রিয়াটি তাপোৎপাদী বিধায় প্রক্রিয়া চলাকালীন সময়ে ঠাণ্ডা পানির ধারায় অটোক্লেভকে ঠাণ্ডা রাখা হয়।

প্রাপ্ত তরল মিশ্রণকে প্রায় 27 বায়ুচাপে ফ্ল্যাশ ইভাপোরেটরে প্রেরণ করা হয়। ফলে অবিকৃত NH_3, CO_2 ও H_2O অপসারিত হয়। ইউরিয়া ও কার্বামেট এর দ্রবণকে ফ্ল্যাশ ড্রামে প্রেরণ করা হয়। ফলে কার্বামেটের বিয়োজন ঘটে এবং ইউরিয়ায় পরিণত হয়। ফ্ল্যাশ ড্রাম হতে ইউরিয়া দ্রবণকে ইভাপোরেটরে প্রেরণ করা হয়। এখানে 99.7% ইউরিয়া দ্রবণ উৎপন্ন হয়। দ্রবণকে প্রিলিং টাওয়ারের উপর হতে নিচের দিকে ফেলা হয় এবং একই সাথে নিচ হতে উপরের দিকে বায়ু প্রেরণ করা হয়। ফলে ইউরিয়া ছোট ছোট দানা গঠন করে। স্বয়ংক্রিয় মেশিনে একে বস্তাভর্তি করা হয়।



প্রবাহচিত্র ৫.২ : প্রাকৃতিক গ্যাস হতে ইউরিয়া তৈরির প্রবাহচিত্র

সার হিসেবে ইউরিয়ার কার্যপ্রণালি (Action of urea as fertilizer) : সিক্ত মাটিতে ইউরিয়া যোগ করলে প্রথমেই পানি দ্বারা এটি আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে NH_3 ও CO_2 উৎপন্ন করে। উৎপন্ন NH_3 মাটিতে উপস্থিত নাইট্রিফাইং ব্যাকটেরিয়া যেমন, নাইট্রোসোমোনাস, নাইট্রোব্যাক্টর এর দ্বারা জারিত হয়ে HNO_3 এ পরিবর্তিত হয়। এ HNO_3 মাটিতে উপস্থিত ক্ষারের সাথে বিক্রিয়া করে দ্রবণীয় নাইট্রেট লবণ উৎপন্ন করে যা উদ্ভিদ শোষণ করে থাকে।

$$CO(NH_2)_2 + H_2O \rightarrow 2NH_3 + CO_2; \qquad 2NH_3 + 4O_2 \xrightarrow{\text{ব্যাকটেরিয়া}} 2HNO_3 + 2H_2O$$

প্রায় সবধরনের মাটি ও ফসলের জন্য ইউরিয়া বিশেষ উপযোগী আদর্শ রাসায়নিক সার। বীজ বপন, চারা রোপন, ফসলের বৃদ্ধি সবক্ষেত্রেই এ সার প্রয়োগ করা হয়।

৫.৫.২ কাচ উৎপাদনের মূলনীতি (Principles of Glass Production)

কাচ এক প্রকার স্বচ্ছ, শক্ত ও অনিয়তাকার কঠিন পদার্থ। কাচের মুখ্য উপাদান বালি (SiO_2), চুন (CaO) ও সোডা (Na_2CO_3) এবং গৌণ উপাদানগুলো হলো বোরাক্স ($Na_2B_4O_7.10H_2O$), সল্ট কেক (Na_2SO_4), ফেলস্পার (A_2O, Al_2O_3 . $6SiO_2$ এখানে $A_2O = Na_2O$ বা K_2O), B_2O_3, As_2O_3 ও অন্যান্য লবণ। এছাড়া ভাঙা কাচের টুকরাও কাঁচামাল হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

উৎপাদন পদ্ধতি : কাচের উৎপাদন প্রক্রিয়া চারটি ধাপে সম্পন্ন হয়।

(১) গলন, (২) আকৃতি প্রদান, (৩) পান দেওয়া ও (৪) ফিনিশিং।

১. **গলন :** চুনাপাথর, ডলোমাইট ও ফেলস্পার এর মিশ্রণকে বল মিলের মধ্যে নিয়ে চূর্ণ-বিচূর্ণ করা হয়। বালি, সোডাভস্ম, বোরাক্স ও অন্যান্য উপাদানগুলোকে উত্তপ্ত ও শুষ্ক করে উপযোগী আকারে পরিণত করা হয়। অতঃপর তাদেরকে প্রয়োজন অনুপাতে একত্রে মিশানো হয়। এ মিশ্রণকে কাচ দ্রব্য বলা হয়। কাচ দ্রব্যকে গলানোর জন্য ট্যাংক চুল্লিতে নেওয়া হয়। এ চুল্লির ধারণক্ষমতা প্রায় 1500 টন। এ কাচ দ্রব্যকে ট্যাংক চুল্লির রিফ্রাক্টরি ব্লকের নির্মিত বৃহৎ আকৃতির ট্যাংকের এক প্রান্তে প্রবেশ করানো হয়। চুল্লিকে প্রায় 1400°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। এ তাপমাত্রায় কাচদ্রব্য গলে যায় এবং একটি পুলের সৃষ্টি করে। এ তরল উপাদানের উপর দিয়ে অগ্নিশিখা পর্যায়ক্রমে একপ্রান্ত হতে অন্যপ্রান্তে চলতে থাকে। ফলে 'Fined' কাচ উৎপন্ন হয়। এ সময় নিচের বিক্রিয়াগুলো ঘটে থাকে।

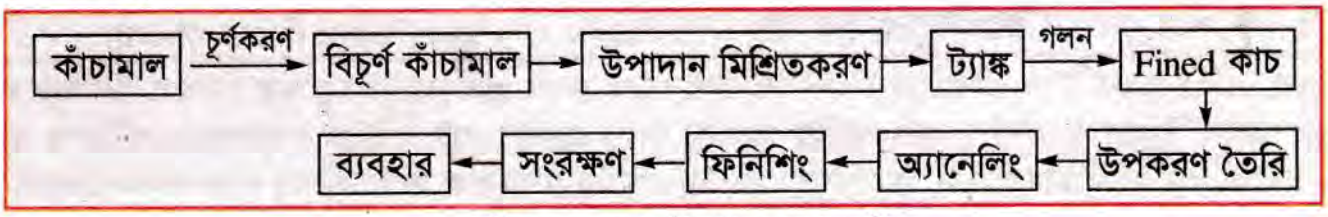
$Na_2CO_3 + aSiO_2 \rightarrow Na_2O\,.\,aSiO_2 + CO_2$	$2Na_2SO_4 + C \rightarrow Na_2SO_3 + CO_2$
$CaCO_3 + bSiO_2 \rightarrow CaO\,.\,bSiO_2 + CO_2$	$Na_2SO_3 + CSiO_2 \rightarrow Na_2O.CSiO_2 + SO_2$
$Na_2SO_4 + C \rightarrow Na_2SO_3 + CO$	$Na_2O\,.\,aSiO_2 + CaO\,.\,bSiO_2 \rightarrow Na_2O\,.\,CaO(a+b)\,SiO_2$(কাচ)

উৎপন্ন Fined কাচকে ট্যাংকের বিপরীত প্রান্ত দিয়ে অপসারণ করে নেওয়া হয়। এভাবে প্রক্রিয়াটি অবিরাম চলতেই থাকে।

২. **আকৃতি প্রদান :** Fined কাচকে যান্ত্রিক উপায়ে প্রয়োজনীয় আকার প্রদান করা হয়। মাত্র কয়েক সেকেন্ড সময়ের মধ্যেই কাচ ভিসকাস তরল অবস্থা হতে পরিষ্কার কঠিন অবস্থায় পরিণত হয়।

৩. **পান দেওয়া বা অ্যানেলিং :** সব ধরনের কাচকেই পান দেওয়া প্রয়োজন। কাচকে পান না দিলে তা তাপ এমনকি কিছু সময় রেখে দিলে তা ভেঙে যাবে। কারণ কাচে পান না দিলে এটি তাপমাত্রার পরিবর্তন এমনকী আঘাত সহ্য করতে পারে না। প্রতিটি কাচে এর গলনাঙ্কের নিচে একটি সংকট তাপমাত্রা থাকে। কাচকে উত্তপ্ত করে তার সংকট তাপমাত্রার উপর বেশ কিছুক্ষণ রেখে ধীরে ধীরে ঠাণ্ডা করা হয়। ফলে কাচের পান দেওয়া সম্পন্ন হয়। পান দেওয়ার ফলে কাচ সুষম হয়। ফলে কাচ তাপমাত্রাসহ, ঘাতসহ ও টেকসই হয়।

৪. **ফিনিশিং :** সবশেষে কাচকে ফিনিশিং করা হয়। পরিষ্কারকরণ, গ্রেডিং, পলিশকরণ, কর্তন, গ্লেজিং এসবই ফিনিশিং কাজের অন্তর্ভুক্ত।



প্রবাহচিত্র ৫.৩ : কাচ উৎপাদনের প্রবাহচিত্র

কাচ স্বচ্ছ হলেও এর মধ্যে সামান্য পরিমাণে অবস্থান্তর মৌলে যেমন, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu এর অক্সাইড যোগ করে কাচকে রঙিন করা হয়। কাচের উপাদান Na_2SiO_3 এর পরিবর্তে নির্দিষ্ট আনুপাতিক হারে K_2SiO_3, $CaSiO_3$, $PbSiO_3$, B_2O_3, BaO ও P_2O_5 কে ব্যবহার করে বুলেট প্রুফ কাচ উৎপাদন করা হয়।

▶▶ ৫.৫.৩ সিরামিক উৎপাদনের মূলনীতি (Principles of Ceramics Production)

বিশেষ গঠনের অ্যালুমিনো সিলিকেট, সিলিকা এবং Na, K, Ca, Mg প্রভৃতি ধাতুর সিলিকেট এর সমন্বয়ে গঠিত পদার্থ সিরামিক।

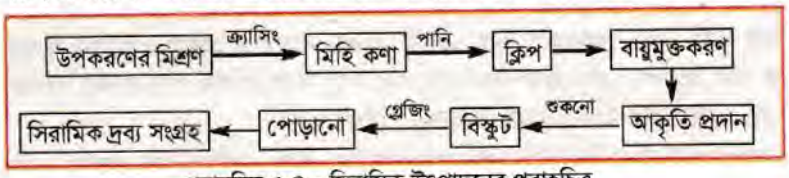
সিরামিক উৎপাদনের মুখ্য বা প্রধান কাঁচামাল হিসেবে কাদামাটি বা ক্যাওলিনাইট ($Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$) বা (চায়না ক্লে, বল ক্লে, সাধারণ মাটি), ফেল্‌স্পার ($A_2O\,.\,Al_2O_3\,.\,6SiO_2$ এখানে $A_2O = K_2O$ বা Na_2O), বালি (SiO_2) এবং গৌণ উপাদান হিসেবে (ক) বিগালক (সোডা অ্যাশ, Na_2CO_3; বোরাক্স, $Na_2B_4O_7\,.\,10H_2O$; বোরিক এসিড H_3BO_3; সোডিয়াম নাইট্রেট ($NaNO_3$), আয়রন অক্সাইড (Fe_2O_3); পার্ল অ্যাশ, K_2CO_3 ক্রায়োলাইট Na_3AlF_6 ইত্যাদি) (খ) চকচকে প্রলেপ উপাদান (এসিডিক অক্সাইড হিসেবে SiO_2, H_3BO_3 এবং বেসিক অক্সাইড হিসেবে CaO, Na_2O, K_2O, PbO, Al_2O_3) এবং (গ) তাপসহ উপাদান (অ্যালুমিনা Al_2O_3, চুনাপাথর $CaCO_3$; ম্যাগনেসাইট $MgCO_3$; ডলোমাইট, $CaCO_3\,.\,MgCO_3$ ইত্যাদি।)

মূলনীতি : ক্লে, সিলিকা ও ফেল্‌স্পার এর সাথে বিগালক হিসেবে বোরাক্স, বোরিক এসিড, সোডিয়াম কার্বনেট, পটাসিয়াম কার্বনেট এবং উচ্চ তাপসহনশীল পদার্থ যেমন– অ্যালুমিনা, আয়রন অক্সাইড, ক্রোমিয়াম অক্সাইড প্রভৃতিকে মিশ্রিত করে নেওয়া হয়। কাঁচামালের এ উপকরণগুলোকে প্রথমে ক্র্যাসিং মেশিনের সাহায্যে এবং পরে বল মিল যন্ত্রের সাহায্যে মিহি কণায় পরিণত করা হয়। একে চালুনি কক্ষে ছেঁকে নেওয়া হয় এবং মিহি কণার সাথে প্রয়োজনীয় পানি মিশ্রিত করে কাই বা ক্রিম প্রস্তুত করা হয়। একে ক্লিপ বলে। এ ক্লিপকে পরিস্রাবণ প্রেসের সাহায্যে সম্পূর্ণ পানি ও বায়ুমুক্ত করে নমনীয় পদার্থে পরিণত করা হয়। এ অবস্থায় একে রোলার মিল ও ডাইস মেশিনে প্রেরণ করে ছাঁচে রেখে বিভিন্ন প্রয়োজনীয় আকৃতি প্রদান করা হয়। এখানে একে উত্তপ্ত বায়ুর সাহায্যে শুষ্ক করে নেওয়া হয়। মাটি নির্মিত বাক্সে শুষ্ক সামগ্রীকে রেখে চুল্লিতে সাজানো হয় এবং এখানেই এসব সামগ্রীকে পোড়ানো হয়। এভাবে সচ্ছিদ্র পোড়া সিরামিক সামগ্রী 'বিস্কুট' নামে পরিচিত।

এ অবস্থায় একে গ্লেজিং করা হয়। সাধারণভাবে সিলিকা ফেল্‌স্পার, চায়না ক্লে, বোরাক্স, বোরিক এসিড, অ্যালুমিনা ও লেড অক্সাইডকে গলিয়ে একটি পাতলা কাচের উপাদানে পরিণত করা হয়। একেই বিস্কুটের উপর ব্রাস দ্বারা হাতে অথবা মেশিনের সাহায্যে স্প্রে করে দেওয়া হয়। এ উপাদান বিস্কুটের উপরিভাগের ছিদ্রগুলোকে বন্ধ করে।

গ্লেজিং শুকিয়ে যাওয়ার পর একে পুনরায় উত্তপ্ত করা হয়। একে গ্লোস্ট ফায়ারিং বলে। এখানে প্রায় ২৪ থেকে ৩৬ ঘণ্টা রাখা হয়। এখানকার তাপমাত্রা 1350° – 1500°C এর মধ্যে নিয়ন্ত্রণ করা হয়।

অতঃপর সিরামিককে ডেকোরেশন করা হয়। দু'ধরনের ডেকোরেশন করা হয়। একটি আন্ডার গ্লেজিং এবং অপরটি ওভার গ্লেজিং, অজৈব অক্সাইডের উপর প্রথমে ডেকোরেশনটি পেস্ট করে তারপর তাকে উত্তপ্ত করা হয়। আন্ডার গ্লেজিং এর ক্ষেত্রে বিস্কুট এর উপর ডেকোরেশন করা হয় এবং শুকানোর পর গ্লেজিং দেওয়া হয় এবং উত্তপ্ত করা হয়।



প্রবাহচিত্র ৫.৪ : সিরামিক উৎপাদনের প্রবাহচিত্র

▶▶ ৫.৫.৪ পাল্প-পেপার উৎপাদনের মূলনীতি (Principles of Pulp-Paper Production)

পাল্প পেপার তৈরির প্রধান উৎস সেলুলোজ। এটি উদ্ভিদের কোষ কলার প্রাচীরের ভিতর তন্তু হিসেবে উপস্থিত থাকে। সেলুলোজের উৎস হিসেবে তুলা, বাঁশ, কাঠ, আখের ছোবড়া, গমের ছোবড়া, পাট, নাইলন ও নাইলনের পরিত্যক্ত দ্রব্যাদি, পরিত্যক্ত কাগজ প্রভৃতিকে ব্যবহার করা হয়। তবে তুলা উন্নতমানের সেলুলোজ হওয়া সত্ত্বেও দামে অধিক হওয়ায় একে ব্যবহার করা হয়না। এ তন্তুময় পদার্থ সেলুলোজ হতে প্রথমে পাল্প বা মণ্ড প্রস্তুত করা হয়। পরে এ পাল্প বিভিন্ন অপারেশন ইউনিটের মধ্যে চালনা করে অস্বচ্ছ, সুষম মসৃণ পৃষ্ঠতলবিশিষ্ট নির্দিষ্ট পুরুত্বের কাগজ শিটে রূপান্তরিত করা হয়।

পাল্প উৎপাদন : পাল্প বা মণ্ড উৎপাদনের কাঁচামাল হিসেবে বাঁশ, কাঠ ও পাটগাছ ব্যবহৃত হয়। পার্বত্য চট্টগ্রামের চন্দ্রঘোনা অঞ্চলে কাগজের মণ্ডের জন্য এক ধরনের বাঁশের চাষ হয়। বাঁশ বা কাঠকে ছোট ছোট টুকরায় কাটা হয়। কাঠের ছালগুলোকে পৃথক করে চেরা হয়। কাঠের ছোট ছোট টুকরা বা লগগুলোকে হাইড্রোলিক যন্ত্রের সাহায্যে বাঁকল অপসারণ করা হয়। খণ্ডিত ও বাঁকলমুক্ত বাঁশ ও কাঠের লগগুলোকে চিপার মেশিনে প্রেরণ করা হয়। চিপারগুলো বৃহদাকৃতির ঘূর্ণায়মান ধারযুক্ত ডিস্ক বিশেষ। প্রতিটি চিপারে দুই জোড়া বা তিন জোড়া ভারী করাত থাকে। এরাই মূলত কাঠের লগগুলোকে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র টুকরায় পরিণত করে। ক্ষুদ্র টুকরাগুলোকে ঘূর্ণায়মান চালনীর সাহায্যে ছেঁকে অপেক্ষাকৃত বড় টুকরাগুলোকে পৃথক করা হয় এবং এগুলোকে পুনরায় চিপার মেশিনে পাঠানো হয়। ছোট টুকরাগুলোকে সংগ্রহ করে একটি কক্ষে জমা করা হয়। এ কক্ষকে চিপ বিন বলে। অতঃপর এগুলোকে ডাইজেস্টারে পাঠানো হয়। ডাইজেস্টারে সাদা লিকার রাখা থাকে। সাদা লিকার মূলত 27.17% Na_2S, 58.6% NaOH ও 14.3% Na_2CO_3 এর মিশ্র দ্রবণ। এর মধ্যে Na_2S ও NaOH মূলত দ্রাবক হিসেবে কাজ করে। ডাইজেস্টারটি মরিচাহীন ইস্পাতের তৈরি এবং 250 Psi পর্যন্ত চাপ সহ্য করতে পারে। ডাইজেস্টারের মধ্যে স্টিম চালনা করা হয়। কুকিং সম্পন্ন হওয়ার জন্য একে প্রায় 3 ঘণ্টা রাখা হয় এবং এখানে প্রায় 110 Psi চাপ প্রয়োগ করা হয়। ডাইজেস্টারে যে রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্পন্ন হয় তার অন্যতম হলো লিগনিন অ্যালকোহলকে ক্ষারীয় আর্দ্র বিশ্লেষণ করা। ফলে এ পর্যায়ে মারকেপট্যান ও সালফাইট উৎপন্ন হয়।

$$\text{লিগনিন} \xrightarrow{\text{আর্দ্র বিশ্লেষণ}} \text{এসিড} + \text{অ্যালকোহল} + \text{মারকেপট্যান} + \text{সালফার}$$

$$\text{বাঁশ বা কাঠ} + (NaOH + Na_2S + Na_2CO_3) \xrightarrow[110\ \text{Psi}]{\text{স্টিম}} R - COOH + R'OH + R''SH.$$

উৎপন্ন এসিড, অ্যালকোহল ও মারকেপট্যান দ্রবীভূত হয় এবং একে অপসারণ করা হয়। কুকিং লিকার হতে মণ্ডকে পৃথক করে ধৌত করে নেওয়া হয়। ধৌত করা মণ্ডকে চালনা কক্ষে প্রেরণ করা হয়, সেখানে তা নটার রিফলার (Knotter Riffler) এবং চালনীতে প্রবেশ করে। ফলে যে কাঠগুলো ডাইজেশন হয়নি তারা পৃথক হয়ে পড়ে।

প্রাপ্ত মণ্ডকে গাঢ়ীকরণ প্রকোষ্ঠে পাঠানো হয়। গাঢ়ীকৃত মণ্ডকে ক্লোরিন দ্বারা বিরঞ্জিত করা হয়। অতঃপর তাকে প্রশমন করে তাতে ক্যালসিয়াম হাইপোক্লোরাইট মিশ্রিত করা হয়। এ পর্যায়ে মণ্ডকে ধৌত করে পুনরায় গাঢ় করা হয়। এভাবে প্রাপ্ত

পাল্প বা মণ্ড হতে শুকনা শীট তৈরি করে এগুলোকে ল্যাপ নামক বাণ্ডিলে পরিণত করে রাখা হয়। একেই পরবর্তীতে কাগজে রূপান্তর করা হয়।

পাল্পকে কাগজে রূপান্তর : পাল্প বা মণ্ডকে কাগজে রূপান্তরের জন্য প্রধানত তিনটি ধাপ অনুসরণ করা হয়।

(ক) বিটিং (Beating), (খ) রিফাইনিং (Refining) ও (গ) কাগজ শীট তৈরি (Paper sheet making)

(ক) বিটিং : এ কাজটি বিটার দ্বারা সম্পন্ন করা হয়। এটি একটি গোলাকার ধাতব ট্যাংক যার মধ্যে একটি দেয়াল থাকে, যাতে করে পাল্প এর চারদিক দিয়ে অবিরত ঘুরতে পারে। একপার্শ্বে কতকগুলো ছুরিযুক্ত রোলার থাকে। এর ঠিক নিচে কতকগুলো ধাতুর পাত বসানো স্থির বেড প্লেট থাকে। ট্যাংকের পাল্প-এর মধ্যে প্রবেশ করে ফলে এটি অধিকতর শক্ত, সমরূপ, ঘন, অস্বচ্ছ, মসৃণ এবং কম ছিদ্রযুক্ত কাগজে পরিণত হয়।

(খ) রিফাইনিং : এ কাজটি জর্ডার্ন ইঞ্জিনে সম্পন্ন করা হয়। এটি একটি আদর্শ রিফাইনার মেশিন। এ ইঞ্জিনে একটি মোচাকার সেল থাকে। এ সেলের ভিতর কতকগুলো দাঁতের সাথে ঘূর্ণায়মান কোর থাকে। পাল্প কোরের মধ্যে প্রবেশ করে দুটি শ্রেণি দণ্ডের মধ্যবর্তী স্থানে পেষণ হয়ে অপর প্রান্ত দিয়ে বেরিয়ে যায়।

উন্নতমানের কাগজ প্রস্তুতির জন্য এ পর্যায়ে পাল্পের মধ্যে ফিলার যোগ করা হয়। ফিলার কাগজের মাঝে যে শূন্যস্থান থাকে তাকে পূর্ণকরে কাগজকে আরও অধিকতর মসৃণ করে। এটি কাগজের উজ্জ্বলতাও বৃদ্ধি করে। ফিলার বিচূর্ণ অজৈব পদার্থ বিশেষ যাকে প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। সাধারণত ট্যালক বা কাদা মাটি, অধঃক্ষিপ্ত $CaCO_3$, TiO_2 প্রভৃতিকে ফিলার হিসেবে ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

বিটারে রেজিন হতে প্রাপ্ত সাবান ও ফিটকিরিকে সাইজিং দ্রব্য হিসেবে ব্যবহার করা হয়। এটি পাল্পের উপর জিলেটিন জাতীয় পর্দার আবরণ দিয়ে কাগজের উপরিভাগকে শক্ত করে। তবে ব্লোটিং কাগজের জন্য এটি যোগ করার প্রয়োজন পড়ে না।

এ পর্যায়ে কাগজে প্রয়োজনীয় রং যোগ করা হয়। তবে আধুনিককালে 98% রং এর কাজ বিটারেই সম্পন্ন করা হয়।

কাগজ শীট তৈরি : বেশির ভাগ ক্ষেত্রেই ফোরড্রিনিয়ার মেশিনের সাহায্যে কাগজ তৈরি করা হয়। এ মেশিনের কার্যপদ্ধতি চারটি ধাপে সম্পন্ন হয়। যথা– **১. পাল্পকে কাগজ শীটে পরিণতকরণ ২. ভেজা শীট হতে পানি অপসারণ ৩. শীটকে শুষ্ককরণ ৪. শীটকে ক্যালেন্ডারের সাহায্যে মসৃণকরণ।**

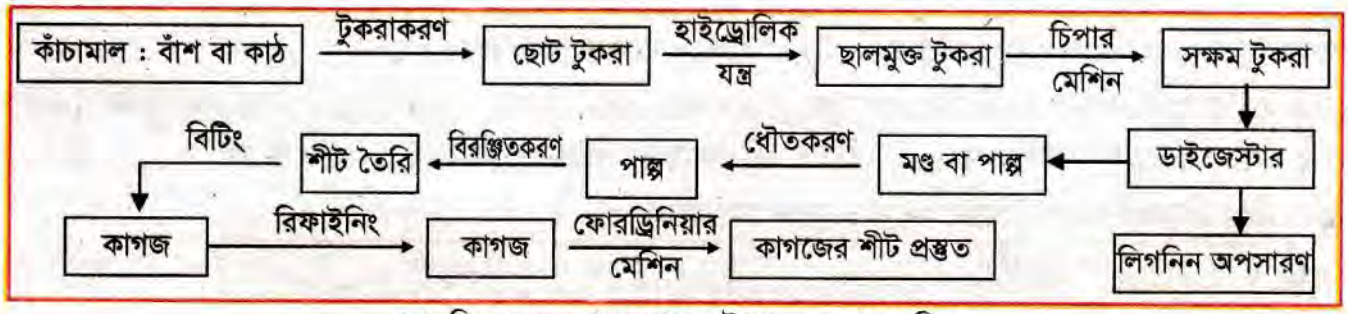
১. **পাল্পকে কাগজ শীটে পরিণতকরণ :** রিফাইনিং এর পর পাল্পকে স্ক্রীনের মধ্য দিয়ে হেড বাক্সে পাঠানো হয়। এখান হতে নিয়ন্ত্রণকারী দরজার মধ্যদিয়ে পুনরায় স্ক্রীনে পাঠানো হয়। চলমান স্ক্রীন একটু পার্শ্ব ঝাঁকুনি দেয় ফলে পাল্পের তন্তু সুষ্ঠু ও সুন্দরভাবে সুসজ্জিত হয় এবং জমাট বাঁধে। এখানে তাপের প্রভাবে বেশির ভাগ পানিকে অপসারণ করা হয় এবং শীট উৎপন্ন হয়।

২. **ভেজা শীট হতে পানি অপসারণ :** কাগজের শীটকে ফেল্ট ব্লাংকেটে স্থানান্তরিত করা হয়। এখানে রক্ষিত কতকগুলো রোলার এর মধ্যে একে চালনা করা হয় ফলে অতিরিক্ত পানি অপসারিত হয়।

৩. **শীটকে শুষ্ককরণ :** এখান হতে শীটকে দ্বিতীয় ফেল্ট ব্ল্যাংকেটে পরপর সজ্জিত রোলারের মধ্যে দিয়ে চালনা করা হয়। ফলে শীটের বেশির ভাগ পানিই অপসারিত হয় এবং শীট 90 – 94% শুষ্ক হয়। এ সময় প্রয়োজনবোধে শীটের উপর সাইজিং এজেন্ট ছিটিয়ে দেওয়া যেতে পারে।

৪. **শীটকে ক্যালেন্ডার দ্বারা মসৃণকরণ :** কাগজের শীটের উপরিভাগ আরও মসৃণ ও উজ্জ্বল করার জন্য একে ক্যালেন্ডারিং করা হয়। ক্যালেন্ডারিং করার জন্য কতকগুলো মসৃণ ও ভারী ইস্পাত নির্মিত রোলার ব্যবহার করা হয়।

সমগ্র প্রক্রিয়ার প্রবাহচিত্র :



প্রবাহচিত্র ৫.৫ : পাল্প-পেপার উৎপাদনের প্রবাহচিত্র

৫.৫.৫ | সিমেন্ট উৎপাদনের মূলনীতি (Principles of Cement Production)

সিমেন্ট একটি অত্যন্ত প্রয়োজনীয় গুরুত্বপূর্ণ বিল্ডিং তৈরির সামগ্রী, যাতে Ca ও Al এর কতকগুলো অনার্দ্র দ্বি-সিলিকেট বর্তমান থাকে। এগুলো পানির সংস্পর্শে এসে রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় জমাট বেঁধে শক্ত পিণ্ডে পরিবর্তিত হয়। পানির উপস্থিতিতে বালি, পাথরের টুকরা বা ইটের মাঝে অবস্থান করে তাদেরকে সংযুক্ত করে একটি অতিশক্ত পিণ্ডে পরিণত করার ক্ষমতা রাখে।

সিমেন্ট চার প্রকারের হয়ে থাকে। যথা– (১) পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট; (২) পেজুওলানা সিমেন্ট; (৩) ক্যালসিয়াম অ্যালুমিনেট সিমেন্ট ও (৪) ক্ষয়রোধকারী সিমেন্ট।

উল্লিখিত সিমেন্টগুলোর মধ্যে পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য। বাংলাদেশের সকল সিমেন্ট ফ্যাক্টরিতে এ সিমেন্ট উৎপাদন হয়ে থাকে। এ সিমেন্ট ক্যালসিয়াম অ্যালুমিনো ও হাইড্রোলিক ক্যালসিয়াম সিলিকেটের নির্দিষ্ট অনুপাতের মিহি গুঁড়ার মিশ্রণ। এর মধ্যে সাধারণত ট্রাইক্যালসিয়াম সিলিকেট ($3CaO.SiO_2$), ডাই ক্যালসিয়াম সিলিকেট ($2CaO.SiO_2$), ট্রাই ক্যালসিয়াম অ্যালুমিনেট ($3CaO.Al_2O_3$), কিছু পরিমাণ টেট্রাক্যালসিয়াম অ্যালুমিনো ফেরাইট ($4CaO,Al_2O_3.Fe_2O_3$) ছাড়া সামান্য MgO ও Fe_2O_3 বর্তমান থাকে। যদিও Fe_2O_3 সিমেন্টকে জমাট বাঁধতে সাহায্য করে না।

উৎপাদন : পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের উৎপাদন তিন ধাপে সম্পন্ন হয়। যথা– (১) কাঁচামালের মিশ্রণ প্রস্তুতি, (২) ক্লিংকার উৎপাদন ও (৩) ক্লিংকারকে চূর্ণ করে সিমেন্টে পরিণতকরণ। এ তিনটি ধাপ আবার দুটি পদ্ধতিতে সম্পন্ন করা যায়– **(ক) আর্দ্র পদ্ধতি ও (খ) শুষ্ক পদ্ধতি।**

(ক) আর্দ্র পদ্ধতি : চুনাপাথরের টুকরাকে চলমান মিলের সাহায্যে বিচূর্ণ করে সিলিকা সমৃদ্ধ ক্লে এর সাথে যুক্ত করে পানিতে মিশিয়ে স্লারী (Slurry) প্রস্তুত করা হয়। একে বৃহৎ ট্যাংকে জমা করা হয়। স্লারীকে থিতানো হয় এবং অতিরিক্ত পানি অপসারণ করা হয়। একে মাড (Mud) বলে। মাডকে ইট মেশিনে চাপ দিয়ে নির্দিষ্ট আকারে পরিণত করে ঘূর্ণায়মান ভাঁটি (Kilns) তে পাঠানো হয়। এখানে গ্যাসের সাহায্যে তাপের ব্যবস্থা করা হয়। ভাঁটির মাঝের তাপমাত্রা 1000°C হলেও নিচের অংশের তাপমাত্রা প্রায় 1500°C এর মতো থাকে। এ তাপমাত্রাতেই চুনাপাথরের সম্পূর্ণ বিয়োজন ঘটে চুন CaO উৎপন্ন করে। এখানে চুন ও ক্লে এর মধ্যে বিক্রিয়া ঘটিয়ে ক্যালসিয়াম সিলিকেট ও ক্যালসিয়াম অ্যালুমিনেট উৎপন্ন করে।

$$8CaO + Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O \xrightarrow{1350°C} 2\,CaSiO_3 + Ca_3(Al_2O_3)_2 + 2H_2O.$$

চুল্লির নিম্নভাগের তাপমাত্রা প্রায় 1500°C হয়। এ তাপমাত্রায় লাইম ও ক্লে পরস্পর বিক্রিয়া করে ক্যালসিয়াম অ্যালুমিনেট, ক্যালসিয়াম সিলিকেট এবং টেট্রাক্যালসিয়াম অ্যালুমিনোফেরাইট উৎপন্ন করে।

$$2CaO + SiO_2 \rightarrow 2CaO.SiO_2 \qquad 2CaO + Al_2O_3 \rightarrow 2CaO.Al_2O_3$$

$$3CaO + SiO_2 \rightarrow 3CaO.SiO_2 \qquad 3CaO + Al_2O_3 \rightarrow 3CaO.Al_2O_3$$

$$4CaO + Al_2O_3 + Fe_2O_3 \rightarrow 4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$$

বিগলনের পর প্রাপ্ত উৎপাদকে ক্লিংকার বলা হয়। উৎপন্ন ক্লিংকারকে কনভেয়ার বেল্টের সাহায্যে ক্লিংকার ট্যাংকে নিয়ে যাওয়া হয়।

ক্লিংকারকে বল মিলে নিয়ে বিচূর্ণ করা হয়। কণার আকার প্রায় 20 ম্যাশ সিভে পরিণত করে একে চালনি কক্ষে চেলে টিউব মিলে পাঠানো হয়। এখানে চূড়ান্ত বিচূর্ণ করা সম্পন্ন হয়। এখানে ক্লিংকারের সাথে 3 – 4% জিপসাম ($CaSO_4.2H_2O$) যোগ করা হয়। এখানে কণার আকার 200 ম্যাশ বা 74 মাইক্রোনে পরিণত করা হয়। এভাবে প্রাপ্ত উপাদানই সিমেন্ট। একে ব্যাগে ভর্তি করে ট্রেডমার্ক দিয়ে সংরক্ষণ করা হয়।

একটি ভালো উন্নতমানের সিমেন্টের মধ্যে চুন (CaO) 60–70%, সিলিকা (SiO_2) 20 – 24%, অ্যালুমিনা (Al_2O_3) 5 – 9%, ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড (MgO) 1 – 5% এবং আয়রন অক্সাইড (Fe_2O_3) 2 – 4% থাকে।

উন্নতমানের সিমেন্টের জন্য নিচের অনুপাত মেনে চলা উচিত :

$$(1)\ \frac{\%\ CaO}{\%\ SiO_2 + \%\ Fe_2O_3 + \%\ Al_2O_3} = 1.9 - 2.15 \qquad (2)\ \frac{\%\ SiO_2}{\%\ Al_2O_3} = 2.5 - 4.$$

সিমেন্টের জমাট বাঁধা : সিমেন্ট পানির উপস্থিতিতে বিক্রিয়া করে ধীরে ধীরে জমাট বাঁধতে শুরু করে এবং শেষ পর্যায়ে একটি কঠিন দৃঢ় বস্তুতে পরিণত হয়। এ ঘটনাকে সিমেন্টের জমাট বাঁধা বলা হয়ে থাকে সিমেন্টের মধ্যে পরিমাণ মতো পানি যোগ করলে সিমেন্টে উপস্থিত ক্যালসিয়াম যৌগগুলো বিয়োজিত হয়ে ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড এবং পানি সংযোজিত ক্যালসিয়াম সিলিকেট ও ক্যালসিয়াম অ্যালুমিনেটের কেলাস সৃষ্টি করে। এ কেলাসগুলো ধীরে ধীরে একটি অপরটির মধ্যে প্রবেশ করে একটি বিরাট সুদৃঢ় জালকের সৃষ্টি করে এবং দৃঢ়ভাবে জমাট বাঁধে।

জিপসাম ($CaSO_4.2H_2O$) এর উপস্থিতিতে সিমেন্টের জমাট বাঁধার প্রক্রিয়া ধীরগতিতে ঘটে। কারণ জিপসাম, ট্রাইক্যালসিয়াম অ্যালুমিনেট এর সাথে বিক্রিয়া করে অদ্রবণীয় ক্যালসিয়াম সালফোঅ্যালুমিনেট উৎপন্ন করে। এর ফলে দ্রুত জমাট বাঁধতে সাহায্য করে এরূপ ট্রাইক্যালসিয়াম অ্যালুমিনেট দ্রবীভূত হয়। যে কারণে সিমেন্ট দ্রুত জমাট বাঁধতে পারে না।

$3CaO.Al_2O_3 + 3(CaSO_4.2H_2O) + 2H_2O \rightarrow 3CaO.Al_2O_3.3CaSO_4.2H_2O + 6H_2O$

তবে এর প্রভাবে সিমেন্টের সম্পূর্ণভাবে জমাট বাঁধতে যথেষ্ট পানির উপস্থিতিতে কয়েক সপ্তাহ সময় লাগলেও উৎপন্ন কঠিন পদার্থের দৃঢ়তা ও শক্তির বৃদ্ধি ঘটে থাকে। যার প্রভাবে জমাট বাঁধার পর সিমেন্ট এত শক্ত ও দীর্ঘস্থায়ী হয়ে থাকে।

৫.৬ চামড়া টেনিং এর মূলনীতি (Principles of Leather Tanning)

গরু, মহিষ, ছাগল, ভেড়া প্রভৃতি মৃত পশুর শরীর হতে চামড়া সংগ্রহের পর বিভিন্ন ধাপে বিভিন্ন রাসায়নিক দ্রব্য দ্বারা প্রক্রিয়াজাত করে তাকে ব্যবহার উপযোগী করে তোলা হয়। এ ধাপগুলোর মধ্যে অন্যতম প্রধান ধাপ হলো চামড়ার টেনিং করা। এ প্রক্রিয়ায় কাঁচা চামড়াকে পাকা চামড়ায় পরিণত করা হয়। তবে কাঁচা চামড়াকে সরাসরি টেনিং করা যায় না। চামড়াকে টেনিং করার পূর্বে একে টেনিং এর উপযোগী করতে হয়। এজন্য যেসব পদ্ধতি অনুসরণ করা হয় তাকে প্রি-টেনিং ধাপ বলে। প্রি-টেনিং ধাপ চারটি পর্যায়ে সম্পন্ন করা হয়। যথা– (১) সোকিং, (২) পশম অপসারণ, (৩) বেটিং ও (৪) পিকলিং।

১. **সোকিং :** এ ধাপে পানির সাহায্যে চামড়ার সাথে যুক্ত লবণ, ধুলাবালি, রক্ত, অন্যান্য ময়লা, কাদামাটি ও দ্রবণীয় প্রোটিন অপসারণ করা হয়ে থাকে।

২. **পশম অপসারণ :** চামড়াকে অতিরিক্ত চুনের দ্রবণের মধ্যে ডুবানো হয়। চুন পশমের গোড়ার প্রোটিনের সাথে বিক্রিয়া করে এর মধ্যে উৎপাদিত সল্ট লিংকেজগুলো ভেঙে দেয়। ফলে প্রোটিন পরিবর্তিত হয়ে অ্যামিনো এসিডে পরিণত হয়। পশমের কেরাটিনাস প্রোটিন সহজে ভেঙে যায় এবং অতি দ্রুত আর্দ্র বিশ্লেষণ ঘটে। ফলে এ পর্যায়ে পশমগুলোকে ব্লান্ট ছুরির সাহায্যে চামড়া হতে অপসারণ করা হয়ে থাকে।

৩. **বেটিং :** বেটিং করার জন্য চামড়াকে NH_4Cl দ্রবণে ডুবিয়ে এর মধ্যে পেনক্সিয়েটিক এনজাইম যোগ করা হয়। ফলে চামড়ার সাথে যুক্ত অতিরিক্ত চুন ও কোলাজেনপ্রোটিন ছাড়া অন্যান্য সব ধরনের প্রোটিনই অপসারিত হয়।

৪. **পিকলিং :** পিকলিং করার জন্য চামড়াকে 0.05 M H_2SO_4 দ্রবণ ও 1 M NaCl দ্রবণের মিশ্রণের মধ্যে ডুবিয়ে রাখা হয়। ফলে চামড়ায় যুক্ত Ca লবণসমূহ অপসারিত হয়। প্রোটিনের Ca লবণ এসিডের সাথে বিক্রিয়া করে Ca^{2+} সালফেট গঠন করে অপসারিত হয় এবং প্রোটিনের মধ্য লিংকেজ সৃষ্টি করে। অর্থাৎ চামড়াকে ক্রোম টেনিং এর উপযোগী করে তোলে।

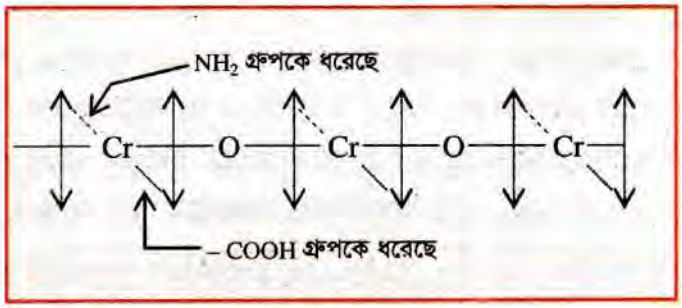
$\updownarrow - NH_2 - Ca - OOC - \updownarrow + H_2SO_4 \longrightarrow \updownarrow NH_3^+$ লবণ লিংকেজ $\bar{O}OC \updownarrow + CaSO_4.$

মনে রাখবে পিকলিং ধাপ অতিক্রম না করা পর্যন্ত চামড়াকে ক্রোমো টেনিং করা যায় না।

চামড়ার টেনিং : চামড়াকে পাকা করে দীর্ঘদিন আমাদের প্রয়োজনীয় কাজে ব্যবহার করার জন্য চামড়ার টেনিং করা হয়। পিকলিং প্রক্রিয়া সম্পন্ন করার পর চামড়াকে টেনিং করা হয়ে থাকে। টেনিং প্রক্রিয়া বেশ কয়েকটি পদ্ধতিতে সম্পন্ন করা যায়। তবে ক্রোম টেনিং আধুনিক পদ্ধতি।

মূলনীতি : ক্ষারকীয় ক্রোমিয়াম সালফেট বা ক্রোমিক এসিডের দ্রবণে চামড়াকে ভিজিয়ে রাখলে চামড়ার মধ্যস্থিত কোলাজেন প্রোটিনের দুটি গ্রুপ অ্যামিন গ্রুপ ও কার্বক্সিলিক গ্রুপ Cr- এর সাথে যুক্ত হয়ে কোলাজেন ক্রোমিয়াম জটিল যৌগ উৎপন্ন করে।

$\updownarrow - \overset{+}{N}H_3 \text{ ------- } \overset{-}{O}OC - \updownarrow + [Cr - O - Cr] \rightarrow \updownarrow - NH_2 - Cr - OOC - \updownarrow.$



ক্রোমিয়াম দুটি প্রোটিন চেইনের মধ্যে একটি শক্তিশালী ব্রিজ লিংক তৈরি করে থাকে। এভাবে বহু সংখ্যক Cr জটিল একে অপরের সাথে অক্সিজেনের মাধ্যমে যুক্ত হয়ে বৃহত্তর ব্রিজ গঠন করে থাকে। ফলে পিকলিং ধাপে প্রোটিনের মধ্যে সৃষ্ট লিংকেজগুলোকে পূর্ণ করে দেয়।

কার্যপ্রণালি : সাধারণত দুটি পদ্ধতিতে ক্রোম টেনিং সম্পন্ন করা হয়ে থাকে। একটি টুবাথ পদ্ধতি অপরটি ওয়ান বাথ পদ্ধতি। এর মধ্যে প্রথম পদ্ধতিটি অধিক প্রচলিত।

টুবাথ পদ্ধতি : বেটিং ও পিকলিং করা চামড়াকে একটি প্যাডেলের মধ্যে নেওয়া হয়। এখানে চামড়ার ওজনের উপর ভিত্তি করে Cr এর যৌগ ও H_2SO_4 কে মিশ্রিত করা হয়। সাধারণভাবে এক পাউন্ড ওজনের চামড়ার সাথে 5 পাউন্ড ওজনের $Na_2Cr_2O_7$ (5 – 6%), H_2SO_4 (33%) মিশ্রণের 2.5 – 3% দ্রবণকে প্যাডেলে যোগ করা হয়। প্যাডেলকে ঘোরানো হয় এবং এখানে চামড়াকে প্রায় 3–5 ঘণ্টা রাখা হয়। ফলে চামড়া ক্রোমিক এসিড শোষণ করে এবং চামড়ার উপর সর্বত্র হলুদ বর্ণ ধারণ করে। এ পর্যায়েই চামড়ার লিংকেজ Cr দ্বারা পূর্ণ হয়ে Cr মৌল চামড়ার ভিতরের প্রোটিনের সাথে বন্ড তৈরি করে জটিল Cr টেনিং চামড়া তৈরি করে থাকে।

চামড়াকে প্যাডেল হতে তুলে এনে অতিরিক্ত লিকারকে অপসারণ করা হয় এবং ক্রোম চামড়াকে ২য় প্যাডেলে নেওয়া হয়। এ প্যাডেলের মধ্যে $Na_2S_2O_3$ (15 – 20%) ও HCl (33%) মিশ্রণের 6 – 10% দ্রবণ থাকে। এখানেও চামড়াকে নাড়াচাড়া করা হয়। ফলে চামড়ার হলুদ বর্ণ পরিবর্তিত হয়ে ধীরে ধীরে চামড়ার বর্ণ ধারণ করে।

$$Na_2Cr_2O_7 + 6\ HCl + 2\ Na_2S_2O_3 \rightarrow 6\ NaCl + 2\ Cr(OH)SO_4 + 2S + 2H_2O.$$

সম্পূর্ণভাবে হলুদ বর্ণ দূরীভূত না হওয়া পর্যন্ত প্যাডেলের দ্রবণের মধ্যে HCl যোগ করা হয়। এ প্রক্রিয়াটি খুব দক্ষতার সাথে সম্পন্ন করা হয়। এ প্রক্রিয়া সম্পন্ন হতে সময় লাগে প্রায় 24–48 ঘণ্টা। এ পর্যায়ে চামড়ার হলুদ বর্ণ সম্পূর্ণরূপে অপসারিত হয় এবং চামড়াকে দ্রবণ হতে তুলে এনে শুকানো হয়। শুকনো চামড়াকে গ্লুকোজ দ্রবণে ভিজানো হয়। ফলে চামড়ার হলুদ বর্ণ সম্পূর্ণভাবে অপসারিত হয়।

$$4\ Na_2Cr_2O_7 + 12\ H_2SO_4 + C_6H_{12}O_6 \rightarrow 4Na_2SO_4 + 12\ H_2O + 8\ Cr(OH)SO_4 + 6CO_2.$$

চামড়াকে গ্লুকোজের দ্রবণ হতে তুলে এনে পুনরায় শুকানো হয়। ফলে ক্রোম ট্যান চামড়া পাওয়া যায়।

চামড়ার ভেজিটেবল টেনিং পদ্ধতি পৃথিবীতে এখন আর প্রচলিত নয়। এক্ষেত্রে ট্যানিন (গাছের কষ) সংগ্রহের জন্য উদ্ভিদ জগতকে ধ্বংস করা হয়। বর্তমানে ওয়ান বাথ পদ্ধতিও নিষিদ্ধ, কারণ এক্ষেত্রে হেক্সাঅ্যাকুয়া ক্রোমিয়াম III সালফেট $[Cr(H_2O)_6]_2(SO_4)_3$ কে ব্যবহার করার কারণে পরিবেশ দূষণের মাত্রা অধিক হয়। তাছাড়া টুবাথ পদ্ধতি দ্রুত ও সহজ পদ্ধতি। এ পদ্ধতিতে চামড়ার গুণগত মান খুবই উন্নত হয়। চামড়ার উপর যে কোন ধরনের স্থায়ী বর্ণ সৃষ্টি করা যায়।

৫.৭ সিমেন্ট, ইউরিয়া, চামড়া, টেক্সটাইল ও ডায়িং শিল্পের দূষকসমূহের বর্ণনা

বিশ্বব্যাপী বায়ু, পানি, মাটি তথা পরিবেশ দূষণের অন্যতম প্রধান উৎস হলো শিল্প কারখানার তরল বর্জ্য। এক এক শিল্প কারখানা হতে এক এক রকম দূষক বর্জ্য নির্গত হয়। বাংলাদেশের মতো শিল্পে অনুন্নত দেশে শিল্প কারখানা কম হলেও আনুপাতিক হারে দূষণের মাত্রা এককথায় ভয়াবহ। কারণ শিল্প কারখানার বেশিরভাগের ক্ষেত্রেই নিজস্ব কোনো বর্জ্য শোধন প্লান্ট নেই। কয়েকটি শিল্প ইউনিটে অবশ্য বর্জ্য শোষণ প্লান্ট স্থাপন করা হয়েছে তবে তার বেশির ভাগই হয় অকার্যকর, অতি পুরাতন ও অকেজো, দুএকটির কার্যকারিতা থাকলেও বেশিরভাগ সময় বন্ধ রাখা হয় শিল্পের উৎপাদন ব্যয় কমানোর জন্য। ফলে এসব কারখানা হতে তরল বর্জ্য নালা-নর্দমার মাধ্যমে সরাসরি নদীতে বা সাগরে গিয়ে মিশে পানি দূষণ করে, উর্বর জমিতে মিশে গিয়ে কৃষিকাজের সম্পূর্ণ অনুপযুক্ত করে। বায়ু দূষক বায়ুতে মিশে গিয়ে বায়ুর দূষণ ঘটায়। নিচে এর কয়েকটি আলোচনা করা হলো–

(ক) চামড়া শিল্পের দূষণ : চামড়া শিল্প বাংলাদেশের বৃহৎ শিল্পসমূহের মধ্যে একটি অন্যতম শিল্প। ঢাকার হাজারীবাগ এলাকা এবং চট্টগ্রামের কর্ণফুলি নদীর আশেপাশের কিছু এলাকায় এ শিল্প ইউনিটগুলোর অবস্থান। চামড়া পাকাকরণের এ শিল্প কারখানা হতে মারাত্মক ক্ষতিকারক সব দূষক বর্জ্যের সৃষ্টি হয়। প্রতিদিন হাজারীবাগের চামড়া কারখানা হতে 5000 – 6000 m^3 নানা রকম পচনশীল বর্জ্য মিশ্রিত পানি, কারখানায় ব্যবহৃত নানারকম কেমিক্যাল,

12000 kg পচনশীল শক্ত আবর্জনা যেমন লোম, চামড়ার ছেঁড়া টুকরা, হাড় ও সিং এর টুকরা সরাসরি বুড়িগঙ্গা নদীতে এসে মিশে। চট্টগ্রামের ট্যানারি শিল্প বর্জ্য হতে একইভাবে দূষক বর্জ্য কর্ণফুলি নদীর পানিতে মিশে থাকে।

চামড়া শিল্প বর্জ্যের মধ্যে মারক্যাপটান, সালফাইড, Cr^{3+}, Cr^{4+}, Ca^{2+}- লবণ, এনজাইম জাতীয় পদার্থ, রং, তেল, অ্যামোনিয়াম লবণ, Na সালফাইড, সালফোনিক এসিড প্রভৃতি প্রধান বর্জ্য হিসেবে বর্তমান থাকে। চামড়া পাকাকরণকালে বিভিন্ন ধাপে বিভিন্ন দূষক বর্জ্যের উৎপত্তির ধাপসমূহের কিছু আলোচনা করা হলো।

১. **ভেজানো :** নির্গত তরলে NaCl, নোংরা উপাদান, গোবর, দ্রবণীয় প্রোটিন; যেমন, অ্যালবুমিন, জৈব পদার্থ, কঠিন কণা এবং দুর্গন্ধ বহন করে।

২. **চুন যোগ করা :** নির্গত তরলে ক্ষার, সালফাইড, চুন, $CaCO_3$, কোলয়ডাল প্রোটিন প্রভৃতি থাকে।

৩. **লোম মুক্ত করা :** নির্গত তরলে লোম, মাংস, সালফাইড এবং কঠিন কণা বর্তমান থাকে। চামড়া হতে লোম মুক্ত করার জন্য চুন যোগ করা হয়। চামড়ার কোলাজেনপ্রোটিনের সাথে চুন বিক্রিয়া করে একে ক্ষতি করে। এ ক্ষতি এড়ানোর জন্য $Ca(OH)_2$ এর সাথে লাইমিং এজেন্ট হিসেবে Na_2S, NaHS, As_2S_3 যোগ করা হয়। এগুলো বর্জ্যের মধ্যে থেকে পরিবেশের মারাত্মক দূষণ ঘটায়।

৪. **চুন মুক্ত করা :** এ নির্গত তরল অম্লীয় প্রকৃতির হয়। এতে H_2SO_4 ও H_3PO_4 উপস্থিত থাকে।

৫. **উদ্ভিজ্জ পাকা করা :** এ বর্জ্যে প্রচুর জৈব পদার্থ দ্রবণীয় ও বেশির ভাগ অদ্রবণীয় অবস্থায় থাকে। এছাড়া কঠিন কণা, ঘন কালো বর্ণ ও দুর্গন্ধযুক্ত তরল উৎপন্ন হয়। এ তরল বর্জ্য পরিবেশকে ধ্বংস করে থাকে।

৬. **ব্যাটিং :** নির্গত তরলে অ্যামোনিয়া, অ্যামোনিয়াম লবণ, জৈব নাইট্রোজেন এবং দ্রবণীয় প্রোটিন উপস্থিত থাকে।

৭. **পিকলিং :** এ তরলে প্রচুর NaCl ও H_2SO_4 বর্তমান থাকে।

৮. **ক্রোম ট্যানিং :** নির্গত তরলে Cr^{3+} লবণ বর্তমান থাকায় এটি মারাত্মক বিষাক্ত। এটি ট্রেস মৌল হিসেবে প্রকৃতিতে মিশে গিয়ে দীর্ঘমেয়াদী দূষক হিসেবে কাজ করে।

৯. **রং করা :** নিঃসৃত তরলের মাধ্যমে প্রচুর রং ও জৈব বিষাক্ত উপাদান দূষক বর্জ্য হিসেবে প্রকৃতিতে মিশে থাকে।

(খ) ডায়িং শিল্পের দূষণ : ১৯৮০ সালের পরবর্তী সময়ে বাংলাদেশে পোশাক শিল্পের ব্যাপক প্রসার ঘটে। এ শিল্পের ব্যাপকতার প্রয়োজনের তাগিদেই গড়ে ওঠে এ শিল্পের পরিপূরক শিল্প হিসেবে ডায়িং শিল্প। ঢাকার পার্শ্ববর্তী সাভার, আশুলিয়া, গাজীপুর, নরসিংদী এবং চট্টগ্রাম শহরের পার্শ্ববর্তী অঞ্চলে এ শিল্পের প্রসার ঘটে। এ শিল্পের দূষক বর্জ্য সবধরনের দূষণের মাত্রাকে অতিক্রম করেছে। ঘন কালো বর্ণের তরল বর্জ্যের যেসব রাসায়নিক বর্জ্য নিঃসৃত হয় তা ধ্বংস প্রাপ্ত হয় না বিধায় যে পানিতে এরূপ বর্জ্য নির্গত হয় সে পানির বর্ণও কালো হয়ে যায়। এ পানিতে সূর্যালোক প্রবেশ না করতে পারায় জলজ উদ্ভিদের সালোকসংশ্লেষণ বাধাগ্রস্ত হয়।

নির্গত তরল বর্জ্যে উপস্থিত রাসায়নিক উপাদানের মধ্যে কস্টিক সোডা, মুক্ত ক্লোরিন, ফেনল, মিথাইল মারক্যাপটান, সালফাইড, রঞ্জক পদার্থ, খনিজ এসিড, পেন্টাক্লোরো ফেনল, প্রক্রিয়ায় অব্যবহৃত জৈব রং, জৈব রাসায়নিক উপাদান, রঙের মধ্যে উপস্থিত ভারী ট্রেস ধাতু যেমন– Cr, Pb, Cd, Ca এমন কী তেল, গ্রিজ সবই উপস্থিত থাকে। এসব বর্জ্য মিশ্রিত তরল (পানি বললে ভুল হবে) উর্বর মাটিতে এসে মাটির ফার্টিলিটি চিরদিনের জন্য ধ্বংস করে। নদী বা অন্যান্য জলাভূমিতে মিশে গিয়ে পানির স্থায়ীভাবে দূষণ ঘটায়। এ কারণে ঢাকা শহরের পার্শ্বস্থ তুরাগ, বুড়িগঙ্গা ও শীতলক্ষ্যা অত্যন্ত দূষিত নদীতে পরিণত হয়েছে। একই কারণে চট্টগ্রামের কর্ণফুলি নদীর পানিও দূষণের কবলে আক্রান্ত।

(গ) ইউরিয়া শিল্পের দূষণ : ইউরিয়া শিল্পের বর্জ্য বায়ু ও পানির দূষণ ঘটায়। ইউরিয়া সার কারখানা হতে নির্গত তরল NH_3 বায়ুতে এসে মারাত্মকভাবে বায়ু দূষণ করে। এ NH_3 পানিতে মিশে পানির দূষণ ঘটায়। নির্গত তরল CH_4 বায়ুতে এসে বায়ুর দূষণ ঘটায়। ইউরিয়ার সূক্ষ্ম গুঁড়া বায়ুতে মিশে বায়ুর দূষণ ঘটায়।

(ঘ) সিমেন্ট শিল্পের দূষণ : দেশ খুব অল্প সময়ের মধ্যে সিমেন্টে সাবলম্বী হয়ে দেশের বাইরে রপ্তানি করে থাকে। সিমেন্ট শিল্পের প্রসার ঘটেছে ঠিকই কিন্তু তার সাথে পাল্লা দিয়ে বেড়েছে এ শিল্পের দূষণ। ক্লিংকারের সূক্ষ্ম গুঁড়া, উড়ন্ত ছাই, SOx, NOx, চুন গুঁড়া প্রভৃতি পরিবেশে এসে মিশছে। পরিবেশকে করছে দূষিত। যোগাযোগ ব্যবস্থার দিকে লক্ষ্য রেখে সব সিমেন্ট কারখানাই নদীর উপকূলে প্রতিষ্ঠিত। ছাতক সিমেন্ট কারখানার বর্জ্যের কারণে সুরমা নদীর পানির দূষণ ঘটছে।

(ঙ) টেক্সটাইল শিল্পের দূষণ : টেক্সটাইল শিল্পজাত বর্জ্যের মধ্যে সোডিয়াম, জৈব এসিড, রঞ্জক পদার্থ, জৈব রাসায়নিক রং, Na_2S, NaOH, সূক্ষ্ম ধূলিকণা বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য। কার্পেটিং মিলের বর্জ্যের মধ্যে অতিরিক্ত হিসেবে Pb, Cr, Cd এর মতো মারাত্মক দূষক উপাদান বর্তমান থাকে।

শিল্প	শিল্প বর্জ্য
১. চামড়া	১. মারক্যাপটান, সালফাইড, Cr^{3+}, Cr^{4+}, Ca^{2+}, এ জাতীয় পদার্থ, রং, তেল, NH_4^+- লবণ, NaCl, H_2SO_4, অ্যালবুমিন, জৈব পদার্থের কঠিন কণা, দ্রবণীয় প্রোটিন ইত্যাদি।
২. ডায়িং	২. কস্টিক সোডা, মুক্ত Cl_2, ফেনল, মিথাইল, মারক্যাপটান, সালফাইড, পেন্টাক্লোরো ফেনল, Cr, Cd, Pb, Cu, জৈব রং, গ্রিজ, তেল।
৩. ইউরিয়া	৩. তরল NH_3, তরল CH_4, সূক্ষ্ম ইউরিয়া কণা।
৪. সিমেন্ট	৪. ক্লিংকারের সূক্ষ্ম গুঁড়া, উড়ন্ত ছাই, SOx, NOx, চুন গুঁড়া।
৫. টেক্সটাইল	৫. Na_2S, NaOH, জৈব এসিড, জৈব রাসায়নিক রং, Pb, Cr, Cd, সূক্ষ্ম ধূলিকণা।

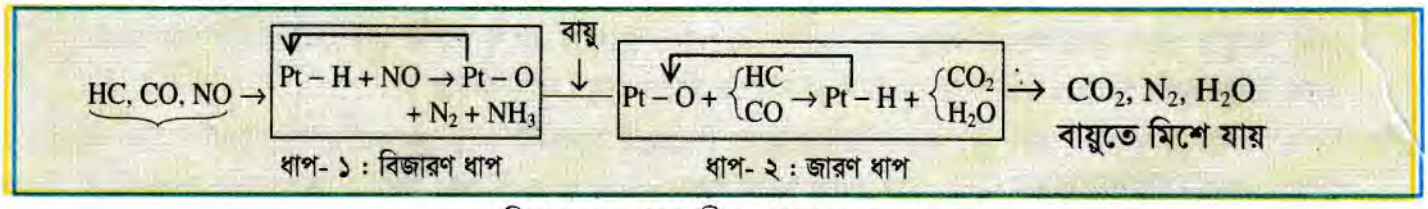
ন্যাচার স্ট্যাডি :
তোমাদের শিক্ষা প্রতিষ্ঠানের নিকটস্থ কোন শিল্প কারখানার তরল বর্জ্য যা পরিবেশকে মারাত্মকভাবে দূষণ করছে– তা পরিদর্শন করে কিভাবে পরিবেশকে সুরক্ষা করা যায় তার উপর একটি প্রতিবেদন রচনা করে শ্রেণিশিক্ষকের নিকট জমা দাও।

৫.৮ বায়ু দূষণ নিয়ন্ত্রণ কৌশলের প্রভাবকীয় রূপান্তর, দ্রবীভূতকরণ, সূক্ষ্ম ছাঁকনি মূলনীতি

একাদশ শ্রেণিতে পড়ার সময় তোমরা প্রথম অধ্যায় যখন পড়েছ তখন নিশ্চয়ই শিখনফল ১.১০ এর আলোকে জেনেছ বিভিন্ন বায়ু দূষকসমূহ কিভাবে বায়ুকে দূষণ করে। বিভিন্ন উৎস হতে নির্গত বায়ু দূষকসমূহের মধ্যে CO, CO_2, NO, NO_2, SO_2, SO_3, O_3, অদহনকৃত হাইড্রোকার্বন, ধুলাবালি, বিভিন্ন বিষাক্ত ধাতুর সূক্ষ্মকণা, ধোঁয়া অন্যতম। এসব দূষক উপাদান প্রাণিজগৎ, উদ্ভিদজগৎ, বিভিন্ন ভৌত অবকাঠামো এবং বিশ্ব আবহাওয়ার উপর মারাত্মক ক্ষতিকর প্রভাব ফেলে। এসব দূষক নিয়ন্ত্রণে নিম্নলিখিত সাধারণ পদ্ধতি তিনটি প্রয়োগ করা যায়।

(ক) প্রভাবকীয় রূপান্তর : বিভিন্ন প্রকৃতির জারক ও বিজারকধর্মী প্রভাবক ব্যবহার করে মোটরযান ও বিভিন্ন শিল্প কারখানা হতে নির্গত দূষক গ্যাস জারণ অথবা বিজারণ বিক্রিয়ার মাধ্যমে অপেক্ষাকৃত কম দূষক পদার্থে রূপান্তর করা যায়। বায়ু দূষণ নিয়ন্ত্রণে প্রভাবকীয় রূপান্তর দুই ধাপে সম্পন্ন করা হয়। প্রথম ধাপে, বিজারকধর্মী প্রভাবক হিসেবে প্রভাবক Pt, Pb, Rh প্রভৃতি ধাতুকে অথবা বিজারক গ্যাস হিসেবে CO ও হাইড্রোকার্বন যুক্ত কিছু সংকর ধাতু ব্যবহার করা হয়। এ সবের উপস্থিতিতে দূষক NOx গ্যাস বিজারিত হয়ে N_2 ও NH_3 গ্যাসে পরিবর্তিত হয়।

দ্বিতীয় ধাপে জারক প্রভাবক হিসেবে অভিজাত ধাতু Pt, Ru ও Ir কে ব্যবহার করা হয়। অবশ্য আধুনিককালে এসবের পরিবর্তে Co, Cr, Cu, Ni, Fe, Mn প্রভৃতি ধাতুর অক্সাইডকে ব্যবহার করা হয়ে থাকে। এসব জারক প্রভাবক ২য় ধাপে বিষাক্ত ও নীরব ঘাতক CO ও হাইড্রোকার্বনকে জারিত করে থাকে। সম্পূর্ণ জারণের জন্য অবশ্য সিরামিক পদার্থ ও অতিরিক্ত বাতাস ব্যবহার করা হয়। প্রতিটি প্রভাবকীয় রূপান্তরের ক্ষেত্রে যাতে কোনোরূপ ধাতব দূষণ না ঘটে এবং প্রকল্প ব্যয় সাধ্যের মধ্যে থাকে সেদিকে খেয়াল রাখা হয়।



চিত্র ৫.৬ : প্রভাবকীয় রূপান্তরক

একটি বিষয় উল্লেখ না করলেই নয় লেডযুক্ত জ্বালানির ক্ষেত্রে প্রভাবকীয় রূপান্তর মোটেই কার্যকরী নয়। তাই জ্বালানি তেলের মধ্যে $Pb(C_2H_5)_4$ ব্যবহার সম্পূর্ণভাবে নিষিদ্ধ করা হয়েছে। যুক্তরাষ্ট্র, কানাডাসহ অনেক দেশে পেট্রোলিয়াম

জ্বালানি ও গ্যাসোলিনে $Pb(C_2H_5)_4$ এর পরিবর্তে এন্টিনকিং পদার্থ হিসেবে মিথাইল সাইক্লোপেন্টা ডাইইথাইল ম্যাঙ্গানিজ ট্রাইকার্বনাইল (MMT) ব্যবহৃত হচ্ছে।

(খ) দ্রবীভূতকরণ : দ্রবীভূতকরণ প্রক্রিয়ায় দূষণ বায়ু হতে দূষক উপাদানগুলোকে অপসারণ করে বায়ুকে দূষণ মুক্ত করা যায়। কোনো উৎস হতে নির্গত দূষিত বর্জ্য গ্যাসকে কোনো উপযুক্ত তরল শোষকের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করলে দূষিত বর্জ্য গ্যাসে উপস্থিত সকল বা কিছু কিছু দূষক গ্যাসকে দূর করা যেতে পারে। দূষকে গ্যাস শোষণ প্রক্রিয়ার দক্ষতা সাধারণত চারটি নিয়ামকের উপর নির্ভরশীল। যথা– **১. তরল দশায় গ্যাসীয় দূষকের সক্রিয়তা; ২. তরল ও গ্যাসের মধ্যে পৃষ্ঠীয় সংস্পর্শতার হার; ৩. শোষণ ক্রিয়ার সময়; ৪. শোষক মাধ্যমের ঘনমাত্রা।**

দূষক গ্যাস পরিশোধন প্রক্রিয়ায় NOx, SO_2, SO_3, H_2S এবং হাইড্রোজেন হ্যালাইড গ্যাসে দূষকসমূহকে তরল দ্রবণের পরিশোধনের মাধ্যমে অপসারণ বা যথেষ্ট নিয়ন্ত্রণ করা সম্ভব।

এক্ষেত্রে প্লেট টাওয়ার, স্প্রে টাওয়ার, প্যাক্ট টাওয়ার, বাবল ক্যাপ প্লেট টাওয়ার প্রভৃতি যন্ত্র-উপকরণ ব্যবহার করা হয়ে থাকে। তবে এক এক ধরন ও প্রকৃতির দূষক গ্যাসকে পরিশোধনের জন্য এক এক তরল পরিশোধক ব্যবহার করা হয়। পাশের টেবিলে তা দেখানো হলো–

দূষক গ্যাস	পরিশোধনের জন্য ব্যবহৃত তরল
১. NOx	১. পানি, HNO_3 এর লঘু দ্রবণ।
২. SO_2	২. পানি, NaOH এর লঘু দ্রবণ।
৩. H_2S	৩. NaOH দ্রবণ + ফেনল
৪. HF, HCl	৪. H_2O, NaOH এর জলীয় দ্রবণ।

এছাড়াও পরিশোষণ ক্রিয়া (Absorption) এ ধরনের দ্রবীভূতকরণ প্রক্রিয়া। এ প্রক্রিয়ায় বর্জ্য গ্যাস একটি উপযুক্ত পাত্রে রক্ষিত সূক্ষ্ম ছিদ্রযুক্ত কঠিন পরিশোষকের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করা হয়। ফলে এক্ষেত্রে ভৌত ও রাসায়নিক পরিশোষণের মাধ্যমে জৈব ও অজৈব দূষক গ্যাস উক্ত শোষকপৃষ্ঠে পরিশোধিত হয়। এক্ষেত্রেও পরিশোষণের মাত্রা নির্ভর করে শোষক বস্তুর পৃষ্ঠতলের ক্ষেত্রফল এবং শোষিত গ্যাসের প্রকৃতি ও ঘনমাত্রার উপর। তবে এক এক ধরনের দূষকের জন্য এক এক পরিশোধক উপাদান ব্যবহার করা হয়। যেমন– NOx এর জন্য সিলিকা জেল, SO_2, SO_3 এর জন্য ডলোমাইট বা ক্ষারীয় অ্যালুমিনা ($Na_2O + Al_2O_3$) এবং H_2S এর জন্য আয়রন অক্সাইড (FeO, Fe_2O_3, Fe_3O_4) ব্যবহার করা হয়।

(গ) সূক্ষ্ম ছাঁকনি : শিল্পক্ষেত্রে দহনকাজে প্রচুর পরিমাণ কয়লা ও তরল জ্বালানি ব্যবহার করা হয়। সেখানকার নির্গত গ্যাসে দূষক বর্জ্য গ্যাস যথেষ্ট পরিমাণে বর্তমান থাকে। এ দূষক বর্জ্যকে ছাঁকনির সাহায্যে পৃথক করা যায়। এক্ষেত্রে দুস্তর বা তিনস্তরবিশিষ্ট ছাঁকনি ব্যবহার করা হয়। এক্ষেত্রে গ্যাস নির্গত চিমনির দৈর্ঘ্য যথেষ্ট লম্বা করা হয় যাতে করে ভারী ধাতব কণা নির্গত না হয়ে চিমনির নিচে পড়ে যায়। চিমনির উপরের দিকে তিনস্তর বিশিষ্ট ফিল্টার থাকে। প্রথমে ফিল্টারে ভারী ও অপেক্ষাকৃত বড় আকারের কণা দ্বিতীয় ফিল্টারে মাঝারি আকারের কণা এবং সর্বশেষ তৃতীয় ফিল্টারের মাধ্যমে সূক্ষ্ম কণাসমূহকে দূষক বায়ু হতে মুক্ত করা হয়। ব্যবহারের কিছুদিন পর পর এ ফিল্টারগুলোকে আলাদা করে পরিষ্কার করে পুনরায় ব্যবহার করা হয়। কার্যক্ষমতার শেষে নতুন ফিল্টার ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

৫.৯ ইটিপি'র কার্যপ্রণালির মূলনীতি (তড়িৎ বিশ্লেষণ, প্রভাবন ও জীব প্রযুক্তি)

পৃথিবীর জনসংখ্যা দ্রুত বৃদ্ধি পাচ্ছে। সেই সাথে বৃদ্ধি পাচ্ছে খাদ্য ও শক্তির চাহিদা। একই সাথে তাল মিলিয়ে বৃদ্ধি পাচ্ছে বিভিন্ন ক্ষেত্রে দূষণের মাত্রা। শিল্পের পানি দূষণ এর মধ্যে আবার অন্যতম। শিল্পজাত ও উপজাত বিভিন্ন বর্জ্য পানিতে মিশে গিয়ে পানিকে দূষিত করে থাকে। ঔষধশিল্প, রাসায়নিক শিল্প, চামড়া শিল্প, পেস্ট্রিসাইজ শিল্পসহ বিভিন্ন শিল্প কারখানার বিভিন্ন জৈব ও অজৈব বর্জ্য পানিতে মিশে গিয়ে পানির দূষণ ঘটায়। তবে শিল্পে পানি দ্রাবক হিসেবে, হিমায়কের কাজে ও ওয়াশিং এর কাজে ব্যবহৃত হয় এবং এ তিন ক্ষেত্রেই পানির দূষণ ঘটে থাকে। এ পানিকে অবশ্যই পরিশোধন করার প্রয়োজন। একদিকে পানির স্বল্পতা অন্যদিকে পরিবেশের মারাত্মক বিপর্যয় এ দুয়ের কারণেই পানিকে পরিশোষণ করার প্রয়োজন। তবে এক্ষেত্রে আমাদের লক্ষ্য ও উদ্দেশ্যে থাকবে স্বল্প ব্যয়ে সাধারণ প্রযুক্তির মাধ্যমে পানি থেকে দূষকসমূহকে অপসারণ করে পানিকে পুনরায় ব্যবহার উপযোগী করে তোলা। এ উদ্দেশ্যে নিম্নের তিনটি পদ্ধতি ইটিপির কার্যপ্রণালির মূলনীতি হিসেবে শিল্পে ব্যবহৃত হয়ে থাকে।

১. **তড়িৎ বিশোধন :** এ প্রক্রিয়ায় পানিতে দ্রবণীয় বর্জ্যসমূহের মধ্যে আধান যুক্ত বর্জ্য কণা Electrocoagulation (EC) ও Electro flotation (EF) প্রক্রিয়ার মাধ্যমে দ্রবণ হতে অধঃক্ষিপ্ত হয়। এক্ষেত্রে Al, Fe, C কে ইলেকট্রোড হিসেবে ব্যবহার করা হয়।

তবে উপরোক্ত দুটি প্রক্রিয়ার মধ্যে Electrocoagulation প্রক্রিয়া অপেক্ষাকৃত উত্তম ও গ্রহণযোগ্য। এ প্রক্রিয়ায় স্বল্প ব্যয়ে, সাধারণ প্রযুক্তি ব্যবহার করে বর্জ্যকে সন্তোষজনকভাবে সম্পূর্ণরূপে অপসারিত করা হয়ে থাকে। তাছাড়া এ প্রযুক্তিতে রক্ষণাবেক্ষণ ব্যয়ও স্বল্প। এ প্রযুক্তিতে কোয়াগুলেটিং এজেন্ট হিসেবে $Al_2(SO_4)_3$, $FeSO_4$, $FeCl_3$ কে ব্যবহার করা হয়। তড়িৎ প্রবাহ চালনা করা হয়। ফলে Al ধাতু Al^{+3} আয়নে পরিণত হয়।

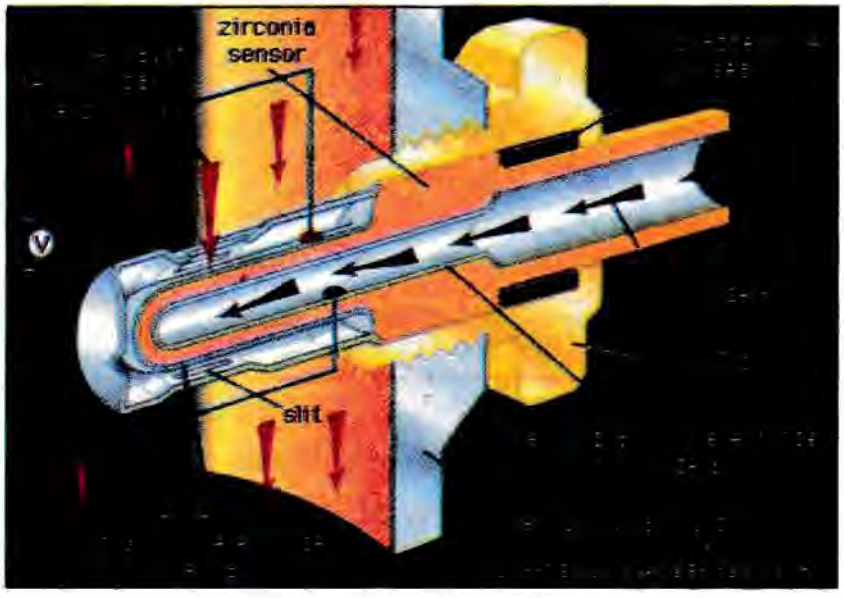
অ্যানোড তড়িদ্দ্বারের বিক্রিয়া : $2Al \rightarrow 2Al^{+3} + 6e$, $6H_2O + 6e \rightarrow 6OH^- + 3H_2$

$2Al + 6H_2O \rightarrow 2Al^{+3} + 6e + 6H^+ + 6OH^- \rightarrow 2Al(OH)_3 + 3H_2$

উৎপন্ন Al^{3+} আয়ন OH^- আয়নের সাথে যুক্ত হয়ে $Al(OH)_3$ উৎপন্ন করে এবং অধঃক্ষেপ সৃষ্টি করে। এভাবে $Al(OH)_3$ এর অধঃক্ষেপের সাথে সাথে দূষকসমূহ কোয়াগুলেট হয়ে পানি থেকে পৃথক হয়ে পড়ে। স্বল্প মাত্রার বিদ্যুৎ প্রবাহের ফলেই পানিতে উপস্থিত ব্যাক্টেরিয়াসহ অন্যান্য ঋণাত্মক আধানযুক্ত কণা কোয়াগুলেট করে এক পর্যায়ে অধঃক্ষিপ্ত হয়। এভাবে চার্জযুক্ত আয়নসমূহ পানি হতে অপসারিত হয়। ফলে পানি দূষণ মুক্ত হয়। এ পানিকে বিশেষভাবে নির্মিত ফিল্টারের সাহায্যে ছেঁকে নিলেই পরিষ্কার বিশুদ্ধ পানি পাওয়া যায়। তবে পানিকে ফসফরাস দূষণ মুক্ত করতে হলে একমাত্র ইলেকট্রোলাইসিস পদ্ধতি অনুসরণ করা হয়।

২. **প্রভাবন :** ইটিপি এর সাহায্যে শিল্প নিঃসৃত জৈব ও অজৈব বর্জ্যসমূহকে পরিশোধনের ক্ষেত্রে প্রভাবক একটি অত্যন্ত আধুনিক কার্যকর পদ্ধতি। প্রভাবক হিসেবে ন্যানো পার্টিকেল ব্যবহার করা হয়। সাধারণত TiO_2, Mn, CO ও Ni কে প্রভাবক হিসেবে অধিক ব্যবহার করা হয়ে থাকে। ন্যানো কণা Bulk material জাতীয় পদার্থ হওয়ায় এদের আকার ছোট হলেও পৃষ্ঠতল বৃহৎ হয়। এদের বর্ধিত যান্ত্রিক শক্তি, পরিব্যাপ্তিকরণ উচ্চ আপেক্ষিক তাপ, চৌম্বক আচরণ ও তড়িৎ প্রতিরোধক ধর্মসম্পন্ন হয়। ন্যানো পার্টিকেলের এ বিশেষ ধর্মের কারণে প্রভাবন ক্রিয়া দ্রুত সম্পন্ন হয়। মূলত এ প্রক্রিয়ার মাধ্যমেই অদ্রবণীয় জৈব দূষকসমূহ বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয়ে CO_2 ও H_2O উৎপন্ন করে। দ্রবণীয় দূষকসমূহও জারিত হয়ে CO_2 ও আংশিক জারিত উপাদানে পরিণত হলে একে দূষক বর্জ্যের মধ্যে স্থানান্তরিত হয়। এমনকি এ প্রক্রিয়ায় ক্লোরিনেটেড নাইট্রো-অ্যারোমেটিক যৌগগুলোও অপসারিত হয়ে থাকে।

কার্যপদ্ধতি : শিল্প উৎপাদিত ও নিঃসৃত দূষক জৈব ও অজৈব বর্জ্যকে সঞ্চালন পাইপের মধ্য দিয়ে চালনা করা হয়। এ পাইপ সূক্ষ্ম ছিদ্রযুক্ত সিরামিকের তৈরি। পাইপের ভিতরের দেয়ালে ন্যানো পার্টিকেলের পাতলা আস্তরণ দেওয়া থাকে। সাধারণত TiO_2, Mn, Co, Ni কে ব্যবহার করা হয়। 20° – 80° সে. তাপমাত্রায় রেখে, 5 – 15 atm চাপে বায়ুকে চালনা করা হয়। একই সাথে পাইপের অপরদিক থেকে বর্জ্য মিশ্রিত তরলকে চালনা করা হয়। বায়ু জারণ প্রক্রিয়ার প্রয়োজনীয় অক্সিজেন সরবরাহ করে থাকে।



চিত্র ৫.৭ : প্রভাবন ক্রিয়াকৌশল

জৈব দূষক + $nO_2 \xrightarrow{TiO_2} CO_2 + H_2O$; দ্রবণীয় দূষক + $nO_2 \xrightarrow{Mn, Ni} CO_2$ + আংশিক জারিত উপাদান।

আংশিক জারিত উপাদানসমূহ বর্জ্য সংরক্ষণ প্রকোষ্ঠে প্রেরিত হয়। অতঃপর বর্জ্য মুক্ত পানিকে সরবরাহ পাইপ লাইনের সাথে যুক্ত করে দেওয়া হয়।

এ পদ্ধতির সুবিধা হলো, এ প্রযুক্তি খুবই সাধারণ এবং অপেক্ষাকৃত কম ব্যয়বহুল। কিছুদিন ব্যবহারের পর পুনরায় নতুন প্রভাবক টিউবকে পরিবর্তন করে দিলেই চলে। উপরন্তু ব্যবহৃত টিউবটিকে পুনরায় কার্যক্ষম করে তোলা যায়।

৩. **জীব প্রযুক্তি :** জীব প্রযুক্তির মাধ্যমে শিল্প বর্জ্য পানিকে দূষণমুক্ত করা হয়ে থাকে। পানিতে নাইট্রেট (NO_3^-), নাইট্রাইট (NO_2^-), পারক্লোরেট (ClO_4^-) ও ক্লোরিনেটেড দ্রব দ্রবণীয় থাকে। এছাড়া অনেক জৈব উপাদান বর্তমান থাকে। ব্যাক্টেরিয়া এসবকে বিজারিত করতে পারে। এক্ষেত্রে একটি ইলেকট্রনদাতা গ্রুপের প্রয়োজন। হাইড্রোজেন (H_2) উত্তম ইলেকট্রনদাতা। জৈব উপাদানের ফারমেন্টেশনের মাধ্যমে উৎপন্ন H_2 এ প্রক্রিয়াকে ত্বরান্বিত করে থাকে। আবার সরাসরি H_2 গ্যাসকেও সরবরাহ করা হয়ে থাকে।

পানির BOD জারণ প্রক্রিয়া সম্পন্ন করার জন্য প্রয়োজনীয় অক্সিজেন সরবরাহ করে থাকে। ফলে পানিতে দ্রবণীয় দূষকসমূহ পরিবর্তিত হয়ে ক্ষতি করে না এরূপ উপাদানে পরিবর্তিত হয়ে যায় যা সহজেই পানি থেকে অপসারণ করা যায়। যেমন–

দূষক	দূষক নয়
$NO_2^{2-}, NO_3^- \longrightarrow$	N_2 গ্যাস
$ClO_4^- \longrightarrow$	$Cl^- + H_2O$
$Cr_2O_4^{2-} \longrightarrow$	$Cr(OH)_3$
$H_2AsO_4^- \longrightarrow$	As_2S_3
$SeO_4^{2-} \longrightarrow$	Se

আবার জৈব উপাদানসমূহ বায়োলজিক্যাল ডিকম্পোজিশনের মাধ্যমে পরিবর্তিত হয়ে থাকে।

$$CH_2O + H_2O \longrightarrow CO_2 + 4H^+ + 4e$$
$$NH_4^+ + 3H_2O \longrightarrow NO_3^- + 10H^+ + 8e$$
$$O_2 + 4H^+ + 4e \longrightarrow 2H_2O$$

শুধু জৈব দূষকসমূহ ও NH_4^+ এ প্রক্রিয়ায় পরিবর্তিত হয়। পরে বর্জ্যসমূহ অধঃক্ষিপ্ত হয়। অধঃক্ষেপকে ছেঁকে নিয়ে পানিকে Cl_2 দ্বারা ব্লিচিং করা হয়।

বর্তমানে শিল্পজাত বর্জ্য পদার্থের বিষাক্ত উপাদানগুলো অণুজীব দ্বারা শোষণ করানো হচ্ছে। ফলে সেগুলো আর ক্ষতিকর হচ্ছে না। অণুজীব হিসেবে ব্যাকটেরিয়া, ছত্রাক এবং শৈবাল ব্যবহৃত হয়ে থাকে। কাগজ শিল্পে, প্লাস্টিক শিল্পে, সার শিল্পে, গাঁজন (Fermentation) শিল্পে আগে পরিবেশ দূষণের হার অনেক বেশি ছিল। বর্তমানে অণুজীব জৈব প্রযুক্তি প্রক্রিয়ার মাধ্যমে বর্জ্য হতে বিষাক্ত শোষণ করানো হয়। ফলে বর্জ্য অপসারিত ও শোষিত হয়।

৫.১০ আয়রন, অ্যালুমিনিয়াম, কপার, কাচ, পেপার ও প্লাস্টিক রিসাইকেল প্রণালি

প্রকৃতিতে যেকোনো সম্পদের পরিমাণই সীমাবদ্ধ। তা সে খনিজ সম্পদ হোক আর অন্য যেকোনো সম্পদই হোক না কেন। সম্পদকে প্রকৃতিতে বর্জ্য হিসেবে বা উচ্ছিষ্ট হিসেবে ফেলে পরিবেশের মারাত্মক বিপর্যয় সৃষ্টি না করে একে সংগ্রহ করে রিসাইকেলের মাধ্যমে পূর্বাবস্থায় ফিরিয়ে আনা গেলে অর্থনৈতিক, সামাজিক ও পরিবেশগতভাবে কতই না উপকারী তা বলার অপেক্ষা রাখে না। বর্তমান বিশ্বে রিসাইকেল একটি অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ বিষয়। অব্যবহৃত ও উৎপন্ন বর্জ্যকে রিসাইকেল এর মাধ্যমে নতুন নতুন প্রোডাক্ট উৎপন্ন করার ফলে যেমন উৎপাদন ব্যয় কমে যায় তেমনি পরিবেশ সুরক্ষা হয়। প্লাস্টিক বর্জ্য, কাগজ বর্জ্য, কাচ ও কাচ শিল্পের বর্জ্য, আয়রন, অ্যালুমিনিয়াম, কপার প্রভৃতি ধাতু বর্জ্য যা কি না ভয়াবহ পরিবেশ বিপর্যয় এনে দিতে পারে। এগুলোকে বর্তমানে রিসাইকেল করার ফলে পরিবেশ যথেষ্ট সুরক্ষিত হচ্ছে। আরো একটি মজার বিষয় হলো উল্লিখিত উপাদানগুলোর বর্জ্যের মধ্যে একমাত্র কাগজ ব্যতীত অন্য সব উপাদানের কোনোটিই প্রকৃতিতে মিশে যেতে পারে না। এসব উপাদানকে রিসাইকেল করা অর্থনৈতিকভাবে যেমন প্রয়োজন পাশাপাশি পরিবেশ রক্ষায় এসব উপাদানকে পরিবেশ থেকে সংগ্রহ করে পুনরায় ব্যবহার উপযোগী করে তোলাই রিসাইকেলের মূল উদ্দেশ্য। রিসাইকেলের ফলে উপাদানের গুণের কোনোই পরিবর্তন ঘটে না শুধু প্রক্রিয়া ব্যয় নির্বাহ করেই উপাদানকে পূর্বাবস্থায় ফিরিয়ে আনা সম্ভবপর হয়। দ্রব্যমূল্য অপেক্ষাকৃত অনেক কম হয়ে থাকে। অর্থনৈতিকভাবে অনগ্রসর দেশসমূহ বিশেষ করে তৃতীয় বিশ্বের দেশগুলোর জন্য উল্লিখিত উপাদানের রিসাইকেল অপরিহার্য। বিশেষ করে খনিজ সম্পদে সমৃদ্ধ নয় এমন সব দেশের ক্ষেত্রে রিসাইকেলের কোনোই বিকল্প নেই।

দারিদ্র্যের সাথে কঠিন সংগ্রাম করে যে মানুষগুলো জীবনধারণ করে, রিসাইকেল প্রক্রিয়া ন্যূনতম হলেও তাদের কর্মসংস্থানের পথ সৃষ্টি করে সামাজিকভাবে উপকৃত করছে। দারিদ্র্যের দুঃসহ যন্ত্রণায় মানুষের স্বভাবসুলভ জীবনধারা ব্যাহত করে সমাজকে বিপন্ন করে তোলে।

আয়রন : বাংলাদেশে লোহার কোনো খনি নেই। ফলে লোহার আকরিকের পাওয়ার সম্ভবনাও নেই। দেশের নির্মাণ শিল্পের জন্য, যোগাযোগ ব্যবস্থা, ব্রিজ, কালভার্ট সর্বক্ষেত্রেই প্রয়োজন লোহার। চাহিদার বড় একটি অংশ রিসাইকেল এর মাধ্যমে প্রাপ্ত লোহা থেকে যোগান দেওয়া হয়ে থাকে।

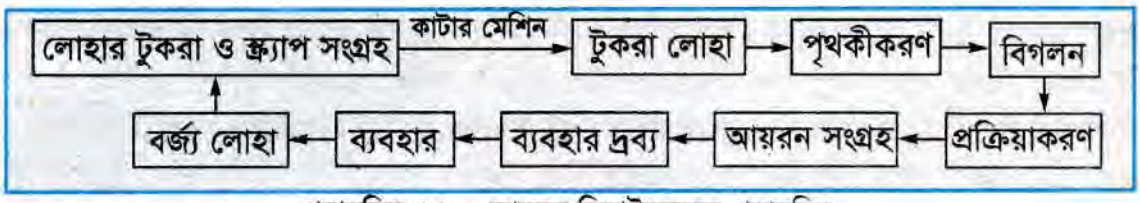
রিসাইকেল প্রক্রিয়া : লোহার ব্যবহারিক প্রয়োজনের তাগিদে এর রিসাইকেল প্রক্রিয়া ভিন্ন ভিন্ন। দেশের বিভিন্ন অঞ্চলে গড়ে ওঠেছে সম্পূর্ণ ভিন্ন রিসাইকেল প্রক্রিয়া। জাহাজ ভাঙার ফলে প্রাপ্ত লোহার উপর ভিত্তি করে ঢাকা ও চট্টগ্রামে প্রায় 160 টি মতো বড় ধরনের রি-রোলিং মিল প্রতিষ্ঠিত হয়েছে। সারাদেশে রি-রোলিং মিলগুলোতে রডের কাঁচামাল হিসেবে স্ক্র্যাপ ও প্লেট ব্যবহার করা হয়। যার 80 ভাগই সরবরাহ করা হয় চট্টগ্রামের ভাটিয়ারী, মাদার বিবিরহাট, সোনাইছড়ি, জোড়ামতল ও কুমিরা পর্যন্ত প্রায় 105 টি শিপ ব্রেকিং ইয়ার্ড থেকে। বিদেশ থেকে আমদানি করা স্ক্যাপ জাহাজের মালামাল সারাদেশে এমনকি বিদেশেও রপ্তানি করা হয়।

লোহার পাতগুলোকে প্রথমে সুনির্দিষ্ট আকার প্রদান করা হয়। এজন্য কাটার মেশিনের সাহায্যে একে কেটে উপযোগী টুকরায় পরিণত করা হয়। লোহার এ টুকরাগুলোকে বৈদ্যুতিক চুল্লিতে অথবা গ্যাস চুল্লিতে প্রায় 950° – 1000 °C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। লোহার পাতগুলো কোমল ও নরম হয়। নরম লোহার পাতগুলোকে চুল্লি থেকে তুলে এনে খুব সাবধানে প্রথমে চিপার মেশিন ও পরে বলজেন মেশিনের মধ্যে পুনঃপুন চালনা করে প্রয়োজনীয় আকারে পরিণত করা হয়। এ মেশিনের মধ্যে ক্লিপার ও ডাইচ থাকে, সে অনুযায়ী লোহার পাত, অ্যাঙ্গেল, রড, ত্রিকোণী বা চারকোণী বারে পরিবর্তিত হয়ে থাকে। উৎপন্ন লোহার উপাদানগুলোকে ঠাণ্ডা করে বান্ডিলে পরিণত করে, ওজন করে গুদামজাত করা হয়।

অন্যদিকে দেশের বিভিন্ন অঞ্চল হতে ভাঙ্গারি, পরিত্যক্ত, বর্জ্য লোহা ও লোহার উপকরণকে সংগ্রহ করে উন্মুক্ত চুল্লিতে বিগলিত করে লোহাকে রিসাইকেল করা হয়। এ চুল্লির তাপমাত্রা প্রায় 1200 – 1350 °C হয়ে থাকে। চুল্লির জ্বালানি হিসেবে প্রাকৃতিক গ্যাসকেই ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

উন্মুক্ত চুল্লিতে প্রথমে বর্জ্য, পরিত্যক্ত, ভাঙ্গারি লোহার টুকরাগুলোকে নেওয়া হয়। চুল্লির ধারণ ক্ষমতা 100 kg থেকে 5 টন পর্যন্ত হয়ে থাকে। জ্বালানি হিসেবে গ্যাসকে ব্যবহার করে চুল্লির তাপমাত্রা 1350 °C পর্যন্ত উন্নীত করা হয়। লোহা বিগলিত হয়ে উপরিস্তরে পাতলা স্তর গঠন করে। এ স্তরে বিভিন্ন বর্জ্য মিশ্রিত থাকে। একে ছাঁকনির সাহায্যে অপসারণ করে নেওয়া হয়। এটিই মূলত ধাতুমল। উত্তপ্ত বিগলিত তরল লোহাকে ডাইসে ঢেলে সুনির্দিষ্ট আকার প্রদান করা হয়। নরম কাঠ দ্বারা সুনিপুণভাবে ফর্মা তৈরি করে ভিজা বালির উপর ডাইস তৈরি করা হয়। এক্ষেত্রে গ্রাফাইট চূর্ণকে ব্যবহার করা হয়ে থাকে। একবার প্রক্রিয়া শেষ হলে পুনরায় প্রক্রিয়াকে আবার সচল করা হয়।

ঢাকার ওয়ারী, টিপু সুলতান রোড, বনগ্রাম রোড, ডেমরা, পোস্তগোলা ও শ্যামপুরে এ ধরনের বেশ কয়েকটি বড় আকারের ঢালাই কারখানা প্রতিষ্ঠিত হয়েছে। বগুড়া শহরের উপকণ্ঠে বিশাল এলাকাজুড়ে গড়ে ওঠেছে ঢালাই শিল্পের কারখানা। এর প্রতিটি কারখানাতেই লোহাকে রিসাইকেল করা হয়ে থাকে। ভারী ভারী ইঞ্জিনের বডি থেকে শুরু করে লোহার কড়াই পর্যন্ত এখানে তৈরি করা হয়ে থাকে। রংপুর, যশোর ও চট্টগ্রামে বেশ কয়েকটি বড় ধরনের ঢালাই লোহার কারখানা প্রতিষ্ঠিত হয়েছে।



প্রবাহচিত্র ৫.৮ : আয়রন রিসাইকেলের প্রবাহচিত্র

অ্যালুমিনিয়াম : এটি 100% রিসাইকেল যোগ্য ধাতু। সারা বিশ্বে Al এর বর্তমান চাহিদা পায় 37 মিলিয়ন টন। এর প্রায় 40% আসে রিসাইকেলের মাধ্যমে। 1950 সালে যার পরিমাণ ছিলো মাত্র 10%। 2025 সালের মধ্যে চাহিদা বেড়ে দাঁড়াবে প্রায় 75 মিলিয়ন টনে। ধারণা করা হচ্ছে তখন রিসাইকেলের পরিমাণ বৃদ্ধি পেয়ে 90% গিয়ে পৌঁছাবে। অ্যালুমিনিয়ামের ক্ষেত্রেও বাংলাদেশে এর কোনো খনি নেই। ব্যবহারিক প্রয়োজনের সমস্ত অ্যালুমিনিয়ামকে আমদানি করতে হয় অথবা রিসাইকেল করে নেওয়া হয়। বর্তমানে দেশে প্রায় 90% অ্যালুমিনিয়াম রিসাইকেল প্রক্রিয়ার মাধ্যমে প্রাপ্ত। 10% অ্যালুমিনিয়াম ইনগোল্ড হিসেবে বিদেশ থেকে আমদানি করা হয়।

রিসাইকেল প্রক্রিয়া : দেশের প্রত্যন্ত অঞ্চল হতে অ্যালুমিনিয়াম এর ভাঙা হাড়ি-পাতিল, গামলা, মগ, জগ ও অন্যান্য পরিত্যক্ত বর্জ্য সংগ্রহ করে নেওয়া হয়। এছাড়া চট্টগ্রামের উপকূলে জাহাজ ভাঙার শিল্পের উপজাত হিসেবেও প্রচুর অ্যালুমিনিয়াম ধাতু পাওয়া যায়। এসবকে একত্রিত করে প্রথমে চাপ প্রয়োগ করে ছোট আকারে পরিণত করা হয়। ছোট আকারের টুকরাগুলোকে রিসাইকেল কারখানায় নেওয়া হয়। এখানে উন্মুক্ত চুল্লিতে এদেরকে বিগলিত করা হয়। জ্বালানি হিসেবে প্রাকৃতিক গ্যাস ব্যবহার করা হয়। চুল্লির তাপমাত্রা প্রায় 700 °C এর মধ্যে নিয়ন্ত্রণ করা হয়। অ্যালুমিনিয়াম এর গলনাঙ্ক 660 °C। এ তাপমাত্রায় অ্যালুমিনিয়ামের বর্জ্য টুকরাগুলো তরলে পরিণত হয়। প্রয়োজনে এর সাথে ইনগোল্ড অ্যালুমিনিয়ামকেও যোগ করা হয়ে থাকে। চুল্লিতে উত্তাপ চলাকালীন সময়ে তরলের উপরিস্তরে ফেনা আকারে অ্যালুমিনিয়ামের মধ্যে থাকা অপদ্রব্যসমূহ ভেসে আসে। উৎপন্ন ফেনাকে অপসারণ করে বিগলিত অ্যালুমিনিয়াম ধাতুকে ডাইচে ঢেলে বড় বড় পাত বা বারে পরিণত করা হয়। এ বার থেকেই পরবর্তীতে অ্যালুমিনিয়াম দ্রব্যসামগ্রী তৈরি করা হয়ে থাকে।

ঢাকার পোস্তগোলার শ্যামপুরে এবং চট্টগ্রামে এ ধরনের বেশ কয়েকটি রিসাইকেল কারখানা প্রতিষ্ঠিত হয়েছে। সবগুলো কারখানাই উন্মুক্ত পদ্ধতি অনুসরণ করা হয়। অটোচুল্লি পদ্ধতি করা গেলে উৎপন্ন অ্যালুমিনিয়ামের গুণগতমান যেমন উন্নত হতো পাশাপাশি জ্বালানির সাশ্রয় হতো।

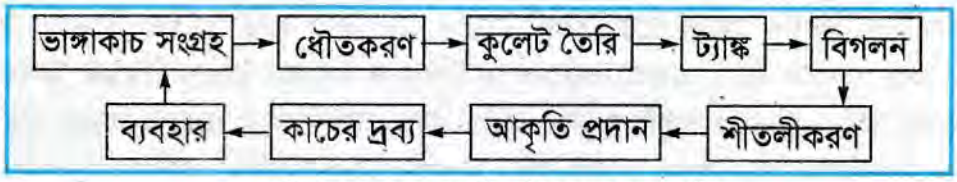
কপার : কপার 100% রিসাইকেল যোগ্য ধাতু। পুড়ে যাওয়া বৈদ্যুতিক মোটরের কয়েল, ভাঙা তামার পাত্র, পরিত্যক্ত তামার বিদ্যুৎ তার, অকেজো বৈদ্যুতিক ট্রান্স ফরমারের তামার পাত ও তার বিভিন্নভাবে উৎপন্ন তামার টুকরাকে সংগ্রহ করে ঢালাই কারখানায় নেওয়া হয়। উন্মুক্ত চুল্লিতে এসব বর্জ্য তামার টুকরাগুলোকে প্রায় 1250 °C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে বিগলিত করা হয়। জ্বালানি হিসেবে প্রাকৃতিক গ্যাসকে ব্যবহার করা হয়। বিগলনের সময়কাল প্রায় 2 – 2.5 ঘণ্টা। কঠিন তামার টুকরাগুলো বিগলিত হয়ে তরলে পরিণত হয়। তরলের উপরিস্তরে ফেনা ভেসে ওঠে। ফেনাকে অপসারণ করে বিগলিত কপারকে ছাঁচে ঢেলে বড় বড় বার বা বিলেটে পরিণত করা হয়। এ বারগুলো হতেই পরবর্তীতে ব্যবহার উপযোগী কপারে পরিণত করা হয়ে থাকে। বাংলাদেশে টাঙ্গাইল জেলার কাগমারিতে, মানিকগঞ্জ জেলার ধামরাইয়ে, বিক্রমপুরে এবং ঢাকার টিপু সুলতান রোড, ডেমরা ও শ্যামপুরে বেশ কয়েকটি কপারের রিসাইকেল কারখানা প্রতিষ্ঠিত হয়েছে।



প্রবাহচিত্র ৫.৯ : কপার রিসাইকেলের প্রবাহচিত্র

কাচ : ভাঙা পরিত্যক্ত কাচ কখনই প্রকৃতিতে মিশে যেতে পারে না। এটি বর্জ্য হিসেবেই থেকে যায়। ভাঙা কাচের টুকরাকে সংগ্রহ করে রিসাইকেল করে পুনরায় আসল কাচ হিসেবে পাওয়া যায়। তাই এটিও 100% রিসাইকেল যোগ্য উপাদান। পরিত্যক্ত, বর্জ্য, ভাঙা কাচের টুকরা সংগ্রহ করে রিসাইকেল কারখানায় নেওয়া হয়। এভাবে সংগৃহীত ভাঙা কাচের টুকরাকে কুলেট বলে। চিপার মেশিনে আরও ছোট ছোট টুকরা করে পটচুল্লিতে নিয়ে গলানো হয়। এ চুল্লির একবারের রিসাইকেল করার ক্ষমতা সর্বোচ্চ দুই টন। প্রাকৃতিক গ্যাসকে জ্বালানি হিসেবে ব্যবহার করে পট চুল্লিকে প্রায় 1400 °C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। চুল্লির কাচ গলে একটি পুলের সৃষ্টি করে। এর উপর দিয়ে অগ্নিশিখা পর্যায়ক্রমে এক প্রান্ত থেকে অপর প্রান্তে খেলতে থাকে। উৎপন্ন রিসাইকেল কাচকে চুল্লির এক প্রান্তের নির্গমপথ দিয়ে বের করে নেওয়া হয়। এ প্রক্রিয়াটি অবিরাম চলতে থাকে। নির্গম পথ দিয়ে বেরিয়ে আসা কাচকে যান্ত্রিক উপায়ে প্রয়োজনীয় নানাবিধ আকার প্রদান করা হয়ে থাকে। কোনো কোনো ক্ষেত্রে হাত দ্বারা এবং ফ্লো-নলের সাহায্যে ফুঁ দিয়ে এ কাজটি করা হয়। খুব অল্প সময়ের মধ্যেই কাচ তরল অবস্থা হতে পরিষ্কার কঠিন অবস্থায় পরিণত হয়।

ঢাকার হাজারীবাগ, পোস্তা ও কাটাসুরে এ ধরনের বেশ কয়েকটি রিসাইকেল কারখানা প্রতিষ্ঠিত হয়েছে। এছাড়া প্রতিটি কাচ উৎপাদনকারী কারখানাতে কাচ তৈরির সময় কাঁচামালের সাথে কুলেট চূর্ণ মেশানো হয়। এর ফলে কাচ উৎপাদন খরচ কমে যায় এবং এটি কাঁচামালের বিগলনে সাহায্য করে। বর্তমান কোনো কোনো কাচ শিল্পে প্রায় 30 ভাগ কুলেট ব্যবহার করা হয়ে থাকে।



প্রবাহচিত্র ৫.১০ : কাচ রিসাইকেলের প্রবাহচিত্র

কাগজ : কাগজ একটি অত্যন্ত ব্যবহারিক দ্রব্য। প্রতিদিনের কার্যতালিকায় এর কোনো না কোনো ব্যবহার আছেই। ব্যবহারের পর পরিবেশে একে ফেলে দেওয়া হয়। পরিত্যক্ত, বর্জ্য, টুকরা কাগজকে সংগ্রহ করে একে রিসাইকেল করে পুনরায় ব্যবহার উপযোগী কাগজে পরিণত করা হয়ে থাকে। ব্যবহৃত ও অব্যবহৃত টুকরা কাগজ তন্তুময় উপাদান অর্থাৎ সেলুলোজকে সরবরাহ করে থাকে। সেলুলোজকে লিগলিন ও হেমিসেলুলোজ হতে মুক্ত করার প্রয়োজন হয় না। কাগজ উৎপাদনের সময় ফিলিং এজেন্ট হিসেবে ব্যবহৃত ট্যালক (প্রকৃতিতে অবস্থানকারী বিশেষ ধরনের মাটি) বা, $CaCO_3$, TiO_2 প্রভৃতিকে খুব একটা ব্যবহারের প্রয়োজন হয় না। উপরন্তু লিগলিন, রেজিন ও অন্যান্য অসেলুলোজ জাতীয় পদার্থকে অপসারণের প্রয়োজন হয় না, কারণ এ কাগজের টুকরাগুলো শুধু সেলুলোজ তন্তু।

রিসাইকেল প্রক্রিয়া : ব্যবহৃত ও অব্যবহৃত কাগজ ও কাগজের টুকরাগুলোকে সংগ্রহ করা হয়। একে চাপ প্রয়োগ করে বান্ডিলে পরিণত করে নেওয়া হয়। অতঃপর একে রিসাইকেল কারখানায় নিয়ে কাটার মেশিনে টুকরা করে টুকরা কাগজকে ট্যাংকের মধ্যে ফেলা হয়। ট্যাংকের মধ্যে পর্যাপ্ত পানির প্রবাহ রাখা হয়। এখানে কাগজে লেগে থাকা কাদা মাটি ও অন্যান্য দ্রবণীয় উপাদানসমূহ অপসারিত হয়। এখান থেকে কাগজকে চলমান বেল্টের সাহায্যে রিফাইনিং চেম্বারে নেওয়া হয়। এখানে একটি মোচাকার সেল থাকে। সেলের ভিতর অনেকগুলো দাত ও ঘূর্ণায়মান কোর থাকে। এর প্রভাবে কাগজের টুকরাগুলো সূক্ষ্ম কণায় পরিণত হয়ে যায় এবং বেশির ভাগ পানি অপসারিত হয়ে যায়।

অনেকটা পেস্ট আকারের এ উপাদানের মধ্যে কোনোরূপ সাদা লিকার বা কুকিং এজেন্ট যোগ করার প্রয়োজন হয় না। কারণ কাগজের টুকরার মধ্যে কোনো লিগলিন থাকে না। এ অবস্থায় একে ব্লিচ করা হয়। ব্লিচিং এজেন্ট হিসেবে ব্লিচিং পাউডার [Ca(OCl)Cl], হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড (H_2O_2), ক্যালসিয়াম হাইপোক্লোরাইট [$Ca(OCl)_2$] বা ক্লোরিন (Cl_2) ব্যবহৃত হয়। এরা কাগজের অবাঞ্ছিত বর্ণকে দূর করে দেয়। এ পর্যায়ে এতে সামান্য ফিলিং এজেন্ট যোগ করে সিলিন্ডার মেশিনে প্রেরণ করা হয়। এতে 5 – 7 টি সমান্তরাল ভ্যাট থাকে। প্রতিটি ভ্যাটে সদৃশ বা অদৃশ লঘু পেপার স্টক থাকে। প্রতিটি ভ্যাটের মধ্যে ঘূর্ণায়মান সিলিন্ডার ডুবানো থাকে। এর ফলে সিলিন্ডারের ভিতর থেকে পানি অপসারিত হয়ে যায়। সিলিন্ডারটি এমনভাবে চলে যেন পেপার স্টক সিলিন্ডারের উপরিভাগে জমা হয় এবং ভিজা স্তর চলমান বেল্টের সাথে লেগে যায়। কাগজসহ বেল্টটিকে আরও কিছুক্ষণ ঘুরানোর ফলে এটি অপর একটি সিলিন্ডারের সংস্পর্শে আসে এবং সেখান থেকে আরও একটি সিক্ত কাগজের স্তরকে সংগ্রহ করে নেওয়া হয়। চাপ প্রয়োগের ফলে এ দুটি স্তর লেগে গিয়ে নতুন শীটের সৃষ্টি করে। এ প্রক্রিয়াটি পুনঃপুন চলতে থাকে। এভাবে ভিজা শিট পাওয়া যায়। প্রাপ্ত শিটকে প্রেস রোল, স্টিম দ্বারা উত্তপ্ত করা শুষ্ককারক রোল ও সবশেষে মসৃণকারী রোলার মেশিনের মধ্যে চালনা করে শুষ্ক, মসৃণ ও অপেক্ষাকৃত ভারী কাগজের শিট উৎপন্ন করা হয়ে থাকে।



প্রবাহচিত্র ৫.১১ : কাগজ রিসাইকেলের প্রবাহচিত্র

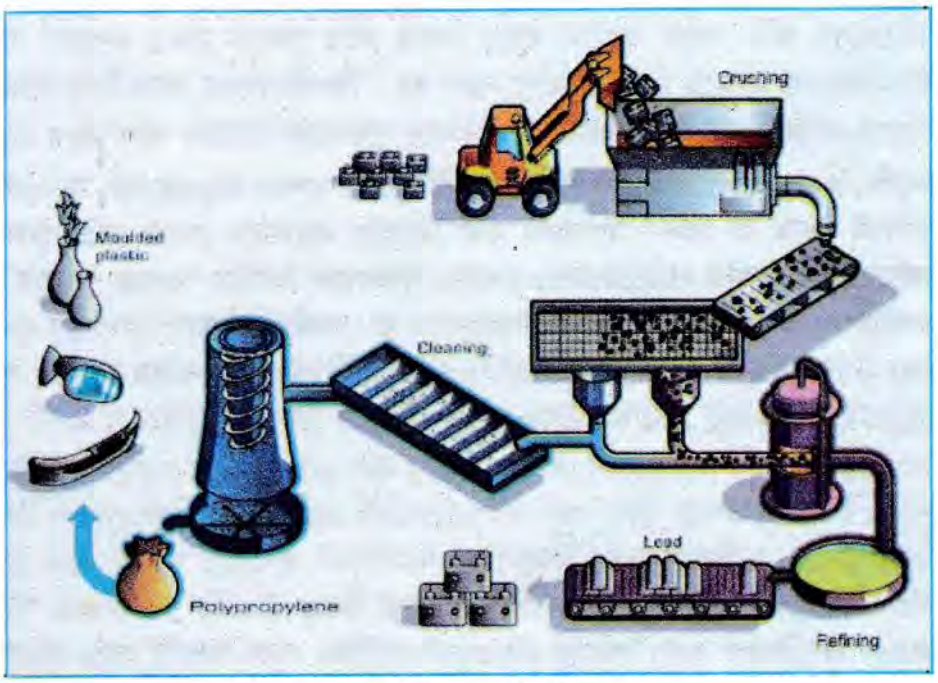
প্লাস্টিক : প্লাস্টিক এমনই একটি কঠিন বর্জ্য যা প্রকৃতিতে মিশে যায় না, সাধারণ দ্রাবকে দ্রবীভূত হয় না, মাটির অণুজীব দ্বারা আক্রান্ত হয় না। প্রকৃতি থেকে প্লাস্টিক বর্জ্য কমানোর ক্ষেত্রে এর রিসাইকেল ছাড়া অন্য কোনো বিকল্প পথ নেই। সামাজিকভাবে এর ব্যবহার দিন দিন এতোই বৃদ্ধি পাচ্ছে যে বর্তমানকালে উন্নত বিশ্বে প্রায় 90% প্লাস্টিক রিসাইকেল করা হয়ে থাকে।

প্লাস্টিকের রিসাইকেল প্রক্রিয়া তিনভাবে হয়ে থাকে। যথা–

১. **প্রাইমারি রিসাইকেলিং :** প্রকৃতি থেকে সংগৃহীত উপাদানকে একইভাবে পুনরায় ফিরিয়ে আনা হয় এবং একই দ্রব্য সামগ্রিতে পরিণত করা হয়।

২. **সেকেন্ডারি রিসাইকেলিং :** এ প্রক্রিয়ায় সংগৃহীত প্লাস্টিকের উপাদানকে রিসাইকেল করে ভিন্ন প্লাস্টিক সামগ্রিতে পরিণত করা হয় এবং বিশেষ ক্ষেত্রে এর মান ও গুণের পরিবর্তন ঘটানো হয়।

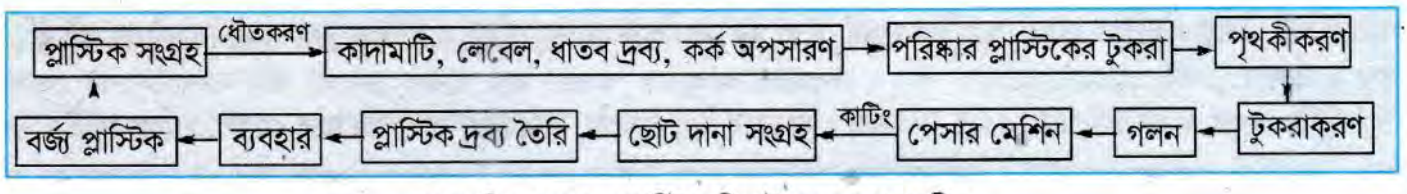
৩. **টারসিয়ারি রিসাইকেলিং :** এ প্রক্রিয়ায় প্লাস্টিককে সম্পূর্ণ নতুন অবস্থায় নেওয়া হয়। এক্ষেত্রে উচ্চ তাপে পাইরোলাইসিস (Pyrolysis) করে উপাদানকে পরিবর্তিত করে CO_2 ও H_2O তে পরিণত করা হয়। এ পদ্ধতি আমাদের দেশে প্রচলিত নয়।



চিত্র ৫.১২ : প্লাস্টিক বর্জ্যের রিসাইকেল

কার্যপ্রণালি : প্লাস্টিকের ব্যবহৃত উপাদানের মধ্যে বেশির ভাগই থার্মোপ্লাস্টিক। এটি তাপে গলে যায়, একে নতুন আকার দেওয়া যায় এবং পুনরায় ব্যবহার উপযোগী করা যায়। প্লাস্টিকের বর্জ্য হতে আজকাল প্রায় 90% প্লাস্টিককে রিসাইকেল এর মাধ্যমে পুনরায় ফিরিয়ে আনা সম্ভবপর।

প্লাস্টিক বর্জ্যকে সংগ্রহ করে প্রথমে একে পানিতে ধোয়া হয়। পানি থেকে তুলে এনে রোদে শুকানো হয়। এ কাজটি কারখানার সাধারণ শ্রমিকেরা করে থাকে। প্লাস্টিক একটি সুষম উপাদান হওয়ায় এর মধ্য হতে কঠিন ধাতব উপাদানকে পৃথক করে নেওয়া হয়। প্রয়োজনে সাদা ও রঙিন বা কালো এভাবে পৃথক করে ফেলা হয়। প্রথমে একে মোল্ড করা হয়। অতঃপর একে হলো ড্রামে নিয়ে যাওয়া হয়। এখানে বৈদ্যুতিক চুল্লিতে একে গলানো হয় এবং এ অবস্থায় একে প্রেসার মেশিনে প্রেরণ করা হয়। প্রেসার মেশিনের নির্গমন চেম্বারের সরুপথ দিয়ে উচ্চচাপে উত্তপ্ত নরম প্লাস্টিক বেরিয়ে আসে। একে কাটিং মেশিনে কেটে ছোট ছোট টুকরায় পরিণত করা হয়। এ ছোট টুকরাগুলোকে ব্যাগে ভর্তি করে প্লাস্টিক উৎপাদনের কারখানায় পাঠানো হয়।



প্রবাহচিত্র ৫.১৩ : প্লাস্টিক রিসাইকেলের প্রবাহচিত্র

৫.১১ সামাজিক ও পরিবেশে আয়রন, অ্যালুমিনিয়াম, কপার, কাচ, পেপার ও প্লাস্টিক রিসাইকেলের গুরুত্ব

সামাজিক ও পরিবেশের রক্ষার ক্ষেত্রে রিসাইকেল এর গুরুত্ব অপরিসীম। আয়রন, অ্যালুমিনিয়াম, কপার, কাচ, পেপার ও প্লাস্টিকের রিসাইকেল সামাজিক, অর্থনৈতিক ও পরিবেশের উপর প্রত্যক্ষভাবে ভূমিকা রাখে। উল্লিখিত উপাদানগুলোর মধ্যে একমাত্র কাগজ ব্যতীত আর সব উপাদানের কোনোটিই প্রকৃতির সাথে মিশে যেতে পারে না। কোনো কোনোভাবে এগুলো বর্জ্য হিসেবে প্রকৃতিতে থেকে যায়। এর মধ্যে আবার আয়রন প্রথমে এর অক্সাইড যৌগে পরিবর্তিত হয় এবং পরে

সেটি অন্যান্য যৌগে পরিবর্তিত হয়ে প্রকৃতিতেই বর্জ্য হিসেবে থেকে যায়। এসব উপাদানের রিসাইকেল করা অর্থনৈতিকভাবে যেমন লাভজনক পাশাপাশি পরিবেশ রক্ষার ক্ষেত্রেও এসব উপাদানকে পরিবেশ হতে সংগ্রহ করে পুনরায় ব্যবহার উপযোগী করার জন্য রিসাইকেল করা হয়ে থাকে। যে উপাদান বর্জ্য হিসেবে প্রকৃতিতে থেকে প্রকৃতি ও পরিবেশের ক্ষতি সাধন করতো তাকে সংগ্রহ করে পুনরায় মানব কল্যাণে ব্যবহার উপযোগী উপাদানে তথা পূর্বাবস্থায় রিসাইকেলের মাধ্যমে ফিরিয়ে আনা সম্ভব হয়। রিসাইকেলের ফলে উপাদানের গুণের তেমন কোনোই পরিবর্তন ঘটে না শুধুমাত্র প্রক্রিয়া ব্যয় নির্বাহ করেই উপাদানকে পূর্বাবস্থায় ফিরিয়ে আনা সম্ভব হয়। ফলে দ্রব্যের সাশ্রয়ী মূল্য হয়ে থাকে।

প্রকৃতিতে যেকোনো সম্পদের পরিমাণই সীমাবদ্ধ। সম্পদ অফুরন্ত নয়, তা সেটা খনিজ সম্পদ হোক আর অন্য যেকোনো সম্পদই হোক না কেন। সম্পদকে বর্জ্য হিসেবে প্রকৃতিতে ফেলে পরিবেশের মারাত্মক বিপর্যয় ডেকে না এনে উপরন্তু বর্জ্যকে সংগ্রহ করে পরিশোধনের মাধ্যমে পূর্বাবস্থায় ফিরিয়ে আনতে পারলে অর্থনৈতিক, সামাজিক ও পরিবেশগতভাবে কতটাই না উপকারী তা বলার অপেক্ষা রাখে না। অর্থনৈতিকভাবে অনগ্রসর দেশসমূহ বিশেষ করে উন্নয়নশীল দেশগুলোর জন্য উপাদানের রিসাইকেল অপরিহার্য। এক্ষেত্রে বিশেষভাবে খনিজ সম্পদে সমৃদ্ধ নয় এসব দেশের ক্ষেত্রে রিসাইকেলের কোনোই বিকল্প নেই। উন্নত বিশ্বের ক্ষেত্রে পরিবেশ রক্ষার্থে রিসাইকেল একটি সামাজিক আন্দোলন।

আয়রন বা লোহা : বাংলাদেশে লোহার কোনো খনি নেই। ফলের লোহার আকরিকের পাওয়ার সম্ভাবনাও নেই। দেশের নির্মাণ শিল্প, যোগাযোগ ব্যবস্থা, ব্রিজ, কালভার্ট সর্বক্ষেত্রেই প্রয়োজন লোহা বা লোহার উপকরণের। প্রতিবছর লোহার চাহিদা এক লক্ষ টনের উপরে। চাহিদার 90% মেটানো হয় রিসাইকেল প্রক্রিয়ার মাধ্যমে প্রাপ্ত লোহা হতে। এতো বিশাল পরিমাণের লোহার চাহিদা মেটাতে বিদেশ হতে আমদানি করা ছাড়া বিকল্প আর কী পথ থাকতে পারে। আছে একটিমাত্র বিকল্প পথ সেটি হলো লোহার রিসাইকেল করা। লোহার ক্রমবর্ধমান চাহিদার সাথে সংগতি রেখে চট্টগ্রাম সমুদ্র সৈকত থেকে সীতাকুণ্ড পর্যন্ত বিস্তৃর্ণ অঞ্চলে জুড়ে গড়ে উঠেছে জাহাজ ভাঙা শিল্প। কম দামে বিদেশ থেকে পরিত্যক্ত জাহাজ কিনে, তাকে নিজ দেশে এনে প্রয়োজন অনুযায়ী কেটে ছোট ছোট টুকরায় পরিণত করে তা থেকে উৎপন্ন করা হচ্ছে রড, বার, পীত, বিমসহ আরো অন্যান্য উপকরণ। এ সবই রিসাইকেল প্রক্রিয়ার ফসল। দেশের বিভিন্ন অঞ্চল হতে ছোট বড় পরিত্যক্ত লোহার টুকরা সংগ্রহ করে তাকে ঢালাই এর কাজে ফ্যাক্টরিতে পাঠিয়ে দেওয়া হয়। সেখানে এ পরিত্যক্ত লোহার টুকরাকে প্রক্রিয়াজাত তথা রিসাইকেল করে উৎপন্ন করা হয় বিভিন্ন লোহার উপকরণ। বর্জ্য পরিত্যক্ত লোহাকে আবার ব্যবহার উপযোগী করে তোলা হয়। রিসাইকেল প্রক্রিয়ার সাথে যুক্ত প্রায় 50,000 শ্রমিক, অনেক শিক্ষিত যুবক, ইঞ্জিনিয়ার ও অন্যান্য শ্রেণি পেশার মানুষ। এ কর্মসংস্থান সৃষ্টি হয়েছে এ প্রক্রিয়ার মাধ্যমে। পরিবেশগত দিক থেকে লোহার রিসাইক্লেনিং এ গুরুত্ব এক কথায় অপরিসীম।

অ্যালুমিনিয়াম : বাংলাদেশে অ্যালুমিনিয়ামের আকরিক পাওয়া যায় এরূপ কোনো খনি নেই। কিন্তু অ্যালুমিনিয়ামের ব্যবহারিক ক্ষেত্র বৃহৎ। পরিত্যক্ত জাহাজ থেকে অ্যালুমিনিয়াম সংগ্রহ করা হয়ে থাকে। এভাবে সংগৃহীত অ্যালুমিনিয়ামকে বিগলিত করে বড় বড় বারে পরিণত করা হয়। দেশের প্রত্যন্ত অঞ্চল হতে পুরানো ভাঙা ব্যবহার অনুপযোগী অ্যালুমিনিয়ামের পাত্রকে ভাঙারি অ্যালুমিনিয়াম হিসেবে সংগ্রহ করে ঢালাই কারখানায় পাঠিয়ে দেওয়া হয়। সেখানে একে রিসাইকেল করে বিশুদ্ধ ও ব্যবহার উপযোগী অ্যালুমিনিয়ামে পরিণত করা হয়। এভাবে রিসাইকেল প্রক্রিয়ায় যে অ্যালুমিনিয়াম পাওয়া যায় তা দেশের মোট চাহিদার প্রায় 90 ভাগ মিটিয়ে থাকে। বাকিমাত্র 10 ভাগ ইনগোল্ড হিসেবে বিদেশ হতে আমদানি করা হয়ে থাকে। অ্যালুমিনিয়াম ধাতুর রিসাইকেলের কারণে একদিকে যেমন বৈদেশিক মুদ্রার সাশ্রয় হয় অন্যদিকে অনেক শ্রমিক ও শিক্ষিত যুবকের কর্মসংস্থানের সৃষ্টি হয়।

কপার : কপার একটি অত্যন্ত মূল্যবান ধাতু। কপারের আকরিক পাওয়া যায় এরূপ কোনো খনি বাংলাদেশের কোথাও নেই। এটি সম্পূর্ণ আমদানিনির্ভর একটি উপাদান। ব্যবহার অনুপযোগী, পরিত্যক্ত বর্জ্য হিসেবে ফেলে দেওয়া বিভিন্ন উৎস যেমন– বৈদ্যুতিক মোটর, জেনারেটর, ট্রান্সফরমার, বৈদ্যুতিক তার, বিভিন্ন ধরনের তৈজসপত্র সংগ্রহ করে একে রিসাইকেল করা হয়। ঢালাই কারখানায় প্রথমে বিগলিত করে অপদ্রব্য অপসারণ করে নেওয়া হয়। অতঃপর একে ব্যবহার উপযোগী করে তোলা হয়। এভাবে রিসাইকেল করা কপারের মূল্য আমদানি করা কপারের মূল্য অপেক্ষা অনেক কম বলে যথেষ্ট অর্থনৈতিক সাশ্রয় হয়।

কাচ : কাচ একটি অত্যন্ত ভঙ্গুর পদার্থ। ভাঙা কাচ পরিবেশের মারাত্মক ক্ষতি করে। এটি কোনো অবস্থাতেই কখনই পরিবেশের সাথে মিশে যেতে পারে না। ভাঙা কাচকে সংগ্রহ করে রিসাইকেল করলে পুনরায় অনুরূপ কাচ পাওয়া যায়। ভাঙা কাচের বিগলনের পর এর পরিশোধনের ধাপটি খুবই সহজ। অর্থনৈতিকভাবে এটি খুবই লাভজনক প্রক্রিয়া বিধায় দেশের বিভিন্ন অঞ্চল হতে ভাঙা পরিত্যক্ত কাচ সংগ্রহ করে এনে তাকে রিসাইকেল করে পুনরায় ব্যবহার উপযোগী করা হয়ে থাকে।

পেপার : আমাদের দৈনন্দিন জীবনের কার্যপ্রণালিতে কাগজের ভূমিকা অপরিসীম। ঘুম থেকে উঠেই খবরের কাগজ, স্কুল কলেজসহ বিভিন্ন শিক্ষা প্রতিষ্ঠানে কাগজের ব্যবহার, সমাজের বিভিন্ন ক্ষেত্রে এর এতো বেশি ব্যবহার যে পরিত্যক্ত কাগজ

হিসেবে প্রচুর পরিমাণে প্রকৃতিতে এসে পড়ে। পরিত্যক্ত এসব কাগজের বেশির ভাগই বর্জ্য আবর্জনা, ময়লার টুকরা হিসেবে পরিবেশের মারাত্মক ক্ষতি করে থাকে। এসব বর্জ্য কাগজকে সংগ্রহ করে সুনির্দিষ্ট স্থানে জমা করে পুনরায় তা বিক্রি করে সমাজের বৃত্তহীন কিছু মানুষ দারিদ্র্য বিমোচন করে থাকে।

সংগ্রহ করা পরিত্যক্ত কাগজ থেকে পুনরায় রিসাইকেল করে মণ্ড উৎপাদন করা হয়। এ মণ্ড থেকে প্রস্তুত করা হয় বোর্ড কাগজ, কর্ক কাগজ, করো কার্টুন তৈরির উপকরণ। বর্তমানে নিউজপ্রিন্ট উৎপাদনের কাঁচামাল হিসেবেও একে ব্যবহার করা হয়ে থাকে। বর্জ্য পরিত্যক্ত কাগজকে টুকরা করে পানিতে ভিজিয়ে ডাইজেস্টরে পরিশোধন করে নিলেই ব্যবহার উপযোগী মণ্ডে পরিণত হয়। পরিবেশগত দিক থেকে কাগজের রিসাইকেলের গুরুত্ব অন্য সব থেকে অনেক বেশি। কারণ গাছ কেটে, বন উজার করে কাগজের মণ্ড তৈরির পরিবর্তে পরিবেশের জঞ্জালকে সংগ্রহ করে এ থেকে মণ্ড তৈরি করা হচ্ছে। এতে করে পরিবেশ সুরক্ষিত হচ্ছে এবং গ্রিন হাউজ প্রভাব থেকে পৃথিবীকে সুরক্ষিত করছে। অর্থাৎ বিশ্ব উষ্ণায়নের রোধে বর্জ্য আবর্জনা কাগজের প্রভাব খুবই গুরুত্ববহ।

প্লাস্টিক : আধুনিক সভ্যতায় প্লাস্টিকের ব্যবহার এতো বেশি ব্যাপক যে জীবনের সর্বক্ষেত্রেই এর ব্যবহার জড়িয়ে আছে। প্লাস্টিক কখনোই পচে না, নষ্ট হয় না, রূপান্তরিত হয় না এমন কি প্রকৃতিতে মিশেও যায় না কিন্তু আগুনে পুড়ে থাকে। ব্যবহারের পর পরিত্যক্ত বর্জ্য প্লাস্টিক সামগ্রী সংগ্রহ করে পরিবেশকে ভয়াবহ বিপর্যয়ের হাত থেকে রক্ষা করা হয়। সংগৃহীত এসব প্লাস্টিক দ্রব্যকে রিসাইকেল করে পুনরায় ব্যবহার উপযোগী প্লাস্টিকে পরিণত করা হয়ে থাকে। প্লাস্টিকের জুতা, স্যান্ডেল, গৃহস্থালি দ্রব্য, গাড়ির টায়ার, টিউব, বিভিন্ন খেলনা, হরেক রকমের দ্রব্য সামগ্রিকে প্রকৃতিকে বর্জ্য হিসেবে ফেলে না দিয়ে সংগ্রহ করে রিসাইকেলের ফলে যেমন পরিবেশকে বিপর্যয়ের হাত থেকে রক্ষা করা যায় ঠিক তেমনি সামাজিকভাবে অনেক লোকের কর্মসংস্থান হয়ে থাকে। সার্বিকভাবে বলতে গেলে রিসাইকেল প্রক্রিয়া (i) পরিবেশ সুরক্ষা, (ii) উৎপাদন ব্যয় হ্রাস করা, (iii) কর্মসংস্থান, (iv) বিশ্ব উষ্ণায়নের প্রভাব হ্রাস করা এবং (v) এর অর্থনৈতিক গুরুত্ব অপরিসীম।

৫.১২ শিক্ষার্থীর কাজ : ইট খোলার বায়ু দূষণ পর্যবেক্ষণ করে প্রতিবেদন প্রণয়ন

ইট খোলার কার্যক্রম পরিচালিত হয় সাধারণত ডিসেম্বর থেকে মে মাস পর্যন্ত। এ সময় ইট খোলার পট প্রস্তুত করা, ক্লিনিং পরিষ্কার করে ইটকে পোড়ানোর উপযুক্ত করে তোলা, মাটি প্রস্তুত, জ্বালানি সংগ্রহ সবকার্যক্রমই একই সাথে চলতে থাকে। এসব কার্যক্রমের মধ্যে ইট পোড়ানোর কাজে ব্যবহৃত জ্বালানি যেমন– কয়লা, কাঠ বা ফার্নিস অয়েল থেকে নির্গত কালো ধোঁয়া, উড়ন্ত ছাই এবং ইট প্রস্তুতকৃত মাটিতে উপস্থিত সালফার (S), নাইট্রোজেন (N), ফসফরাস (P) প্রভৃতি উপাদানের দহনের ফলে উৎপন্ন গ্যাসীয় উপাদান বায়ুর দূষণ ঘটায়। কয়লার মধ্যে উপস্থিত S এর দহনের ফলে উৎপন্ন SO_2 গ্যাস বায়ুর দূষণ ঘটায়। ইট খোলার চিমনির মুখ হতে নির্গত কার্বনের সূক্ষ্ম কণা, উড়ন্ত ছাই ও অন্যান্য ক্ষতিকারক ধাতব উপাদান কণা বায়ুতে মিশে বায়ুর দূষণ ঘটিয়ে থাকে। তোমরা তোমাদের শিক্ষা প্রতিষ্ঠানের নিকটে প্রতিষ্ঠিত কোনো ইটের খোলায় গিয়ে বিষয়টিকে ভালোভাবে দেখে একটি প্রতিবেদন তৈরি করে শ্রেণিশিক্ষকের নিকট জমা দাও। এক্ষেত্রে ইটখোলার আশেপাশের অঞ্চলের বায়ুতে SO_2, NO_2, CO_2, CO এর পরিমাণ নির্ণয় করতে পারলে ভালো হয়। এসব উপাদানের পরিমাণ পরিমাপ করা হয় ppm এককে। তবে স্থানীয়ভাবে গাছ পালার ওপর প্রভাব, জনস্বাস্থ্যের উপর বিশেষ করে শিশু ও বৃদ্ধের উপর প্রভাব। জীববৈচিত্র্যের ওপর প্রভাব পর্যবেক্ষণ করে প্রতিবেদন প্রণয়ন করবে। পর্যবেক্ষণের তারিখের কতদিন পূর্বে বৃষ্টিপাত হয়েছিল তাও উল্লেখ করবে।



চিত্র ৫.১৪ : ইটখোলার মাধ্যমে বায়ু দূষণ

বাংলাদেশের বন ও পরিবেশ অধিদপ্তরের তথ্যের ভিত্তিতে দেখা যায় 2015 – 2016 অর্থ বছরে প্রায় দশ হাজার ইটের ভাটা থেকে এক হাজার 700 কোটি ইট প্রস্তুত করা হয়েছে। এ প্রক্রিয়ায় নির্গত হয়েছে প্রায় 60 লক্ষ টন বিষাক্ত গ্রিন হাউস গ্যাস, CO_2। পরিবেশ বিশেষজ্ঞদের মতে এ CO_2 একাধারে বিনষ্ট করছে জীববৈচিত্র্য অন্যদিকে ক্ষতি করছে অর্থনীতি। এ পরিস্থিতি উত্তরণের প্রয়োজন। দেশে শুরু করতে হবে পরিবেশ বান্ধব পদ্ধতিতে ইট উৎপাদন। থাকবে না কোনো ধরনের জ্বালানি কাঠের ব্যবহার এবং কয়লার ব্যবহারও তুলনামূলকভাবে খুবই কম। এখানে নির্গত হয় না কোনো প্রকারের বিষাক্ত ধোঁয়াও।

৫.১৩ কয়লাভিত্তিক বিদ্যুৎকেন্দ্রের সুবিধা-অসুবিধাসমূহ

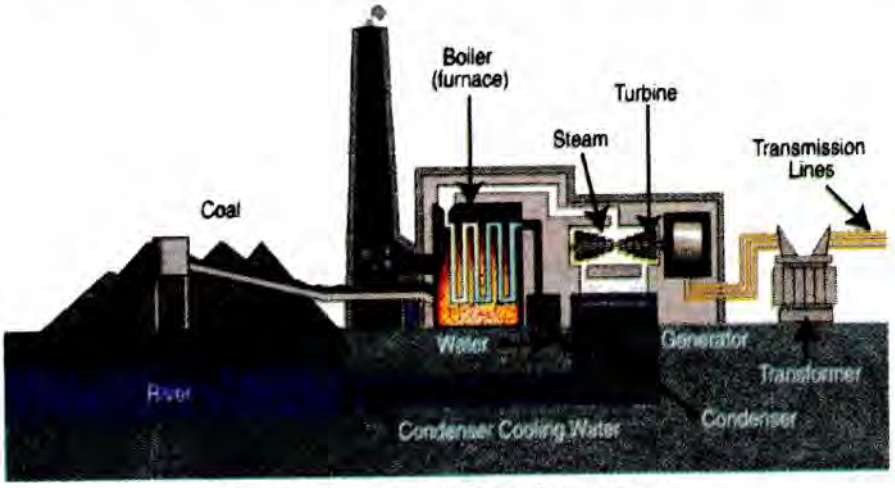
বিদ্যুৎ আধুনিক বিজ্ঞান ও সভ্যতাকে পৌঁছে দিয়েছে অসীম সম্ভাবনাময় যুগের দ্বারপ্রান্তে। বিদ্যুৎ ছাড়া সভ্যতার সমস্ত গতি ও আধুনিক প্রযুক্তি এক কথায় অচল। বিদ্যুৎ আধুনিক প্রযুক্তি, কৃষি, চিকিৎসা, শিল্পোৎপাদন সবকিছুর চালিকা শক্তি। এ বিদ্যুৎ উৎপাদন করা হয় জ্বালানি পুড়িয়ে, জলবিদ্যুৎ প্রকল্পের মাধ্যমে, বায়ু বিদ্যুৎ প্রকল্পের মাধ্যমে অথবা সৌর বিদ্যুৎ প্রকল্পের মাধ্যমে। জ্বালানির ক্ষেত্রে আবার পারমাণবিক জ্বালানি এবং রাসায়নিক জ্বালানি এ দুটি ভাগে একে ভাগ করা হয়ে থাকে। রাসায়নিক জ্বালানির মধ্যে কয়লা, ডিজেল, অকটেন, ফার্নিস অয়েল, প্রাকৃতিক গ্যাস প্রভৃতিকে ব্যবহার করা হয়ে থাকে। আমাদের দেশে প্রাকৃতিক গ্যাসভিত্তিক বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্রের সংখ্যাই বেশি।

কয়লাকে জ্বালানি হিসেবে ব্যবহার করে বিদ্যুৎ উৎপাদনের ক্ষেত্রে বেশ কিছু সুবিধা আছে, এর পাশাপাশি অনেক বড় বড় অসুবিধাও আছে। এ বিষয়ে তাহলে আলোচনা করা যাক।

কয়লাভিত্তিক বিদ্যুৎকেন্দ্রের সুবিধা :

১. **তাপশক্তি :** বিদ্যুৎ উৎপাদনের জন্য প্রয়োজন প্রচুর তাপশক্তি। কয়লার সরাসরি দহনের ফলে তাপশক্তি উৎপন্ন হয়। কয়লার মধ্যে এ শক্তি রাসায়নিক শক্তি হিসেবে থাকে। দহনের ফলে এ রাসায়নিক শক্তি তাপশক্তিতে পরিবর্তিত হয়। কয়লার দহনের ফলে উৎপন্ন তাপশক্তির পরিমাণ খুবই বেশি। এ তাপশক্তিকে কাজে লাগিয়েই বিদ্যুৎ উৎপাদন করা হয়ে থাকে।

২. **সহজলভ্যতা :** কয়লা খুবই সহজলভ্য উপাদান। পৃথিবীর প্রায় সকল দেশেই খনিতে একে পাওয়া যায়। আমাদের দেশে বেশ কয়েকটি কয়লার খনি আবিষ্কৃত হয়েছে। এর মধ্যে বড় পুকুরিয়া কয়লার খনি থেকে প্রতিদিন প্রায় 650 টন কয়লা উত্তোলন করা হয়ে থাকে। কাঁচামালের সহজলভ্যতার কারণে কয়লাভিত্তিক বিদ্যুৎকেন্দ্র নির্মাণ সুবিধাজনক।



চিত্র ৫.১৫ : কয়লাভিত্তিক বিদ্যুৎকেন্দ্র

সরকার বিদ্যুৎ ঘাটতি মোকাবেলায় রেন্টাল, কুইক রেন্টালের পাশাপাশি গ্যাসভিত্তিক বিদ্যুৎকেন্দ্র স্থাপনের বিশেষ মনোযোগ থাকলেও এখন দীর্ঘমেয়াদে কয়লাভিত্তিক নতুন বড় বিদ্যুৎকেন্দ্র স্থাপনের দিকে ঝুঁকছে। এ প্রক্রিয়ার অংশ হিসেবে বাগেরহাটের রামপালে ভারতের সাথে যৌথ বিনিয়োগে 1320 মেগাওয়াট ক্ষমতাসম্পন্ন কয়লাভিত্তিক বিদ্যুৎকেন্দ্রের কাজ এগিয়ে যাচ্ছে। এছাড়া মালয়েশিয়া ও চীনের অর্থায়নে কক্সবাজারের মহেশখালীতে প্রতিটি 1000 মেগাওয়াট করে আরও দুটি কয়লাভিত্তিক বিদ্যুৎকেন্দ্র স্থাপনের পরিকল্পনা নিয়েছে সরকার। সরকারি বিদ্যুৎকেন্দ্রের পাশাপাশি আইপিপির মাধ্যমে ঢাকা, চট্টগ্রাম ও বরিশাল আরও পাঁচটি কয়লাভিত্তিক বিদ্যুৎকেন্দ্র স্থাপনের প্রক্রিয়াও চলমান।

৩. **উপাদানের মূল্য :** কয়লাভিত্তিক বিদ্যুৎকেন্দ্রের মূল জ্বালানি কয়লা। এর মূল্য যথেষ্ট কম। তদুপরি কয়লা দেশের খনিতেই পাওয়া যাবে। একে আমদানি করার প্রয়োজন পড়বে না। ফলে বৈদেশিক মুদ্রার অপচয় ঘটবে না। যেখানে তেল আমদানি করতে হাজার হাজার কোটি টাকার বৈদেশিক মুদ্রার প্রয়োজন হয়।

৪. **বড় ধরনের প্রকল্প গ্রহণ :** যেহেতু কাঁচামাল দেশীয়, তাই বড় ধরনের প্রকল্পকে হাতে নিতে পারে সরকার। শুধুমাত্র প্রকল্প প্রতিষ্ঠার ব্যয় নির্বাহ করতে পারলে অতি সহজেই এ ধরনের প্রকল্প বাস্তবায়ন করা সম্ভব।

৫. **নিজস্ব পরিকল্পনা :** নিজস্ব পরিকল্পনা মাফিক চাহিদা ও সামর্থ অনুযায়ী এ ধরনের প্রকল্প গ্রহণ করা সম্ভব হয়। দেশের ভৌগোলিক অবকাঠামো ও স্থান বিশেষের চাহিদা অনুযায়ী পরিকল্পনা করা ও প্রকল্প বাস্তবায়ন করা সম্ভব।

৬. **বিকল্প জ্বালানির উৎস :** দেশ এখনও বিদ্যুতের ঘাটতি। অব্যাহত বিদ্যুৎ ঘাটতি মোকাবেলায় সরকার রেন্টাল, কুইক রেন্টালের পাশাপাশি গ্যাসভিত্তিক বিদ্যুৎকেন্দ্র স্থাপন করেছে। গ্যাসের একক ব্যবহার ও তেলের উপর নির্ভরতা কমাতে কয়লাভিত্তিক বিদ্যুৎকেন্দ্রের উপর এতোটা গুরুত্ব দেওয়া হচ্ছে। 2021 সালে 20 হাজার মেগাওয়াট বিদ্যুৎ উৎপাদনের পরিকল্পনা সরকারের আছে। এর 10 হাজার মেগাওয়াট বিদ্যুৎ উৎপাদিত হবে কয়লাভিত্তিক বিদ্যুৎকেন্দ্র থেকে। বর্তমানে 2013 সালে মাত্র 225 মেগাওয়াট বিদ্যুৎ উৎপাদন করা হচ্ছে কয়লাভিত্তিক বিদ্যুৎকেন্দ্র থেকে। 05.10.2013 সালে খুলনার রামপালে 1320 মেগাওয়াট ক্ষমতা সম্পন্ন কয়লাভিত্তিক বিদ্যুৎকেন্দ্রের নির্মাণ কাজ সরকারি উদ্যোগে শুরু করা হয়েছে।

৭. **কর্মসংস্থান :** এ ধরনের প্রকল্পের মাধ্যমে অনেক লোকের কর্মসংস্থান ঘটে। কয়লার উত্তোলন, সংরক্ষণ, পরিবহন, প্রকল্পে ব্যবহার সবক্ষেত্রেই বিরাট জনগোষ্ঠির সম্পৃক্ততা।

এছাড়াও এ জাতীয় প্রকল্পের প্রযুক্তিজ্ঞান খুবই সাধারণ। প্রকল্পকে ছোট আকার হতে বড় আকারে সম্প্রসারণ করা যায়।

কয়লাভিত্তিক বিদ্যুৎকেন্দ্রের সুবিধার পাশাপাশি বেশকিছু অসুবিধাও আছে। যেমন–

১. **পরিবেশ :** কয়লাভিত্তিক বিদ্যুৎকেন্দ্রের প্রতিষ্ঠার ফলে পরিবেশ বিপর্যয়ের সম্ভাবনা থাকে। কয়লার উত্তোলনের ফলে ভূমির ক্ষতি হয়। কয়লাক্ষেত্র বিরাট অঞ্চল জুড়ে থাকে। এসব অঞ্চলে জনবসতিসহ অন্যান্য স্থাপনাও থাকতে পারে। তাছাড়া কয়লা মানেই ময়লা। তাই কয়লা পরিবেশকে কলুষিত করে থাকে।

২. **উৎপন্ন ছাই :** কয়লার দহনের ফলে অবশেষ হিসেবে যথেষ্ট পরিমাণে ছাই উৎপন্ন হয়। কোনো কোনো ক্ষেত্রে এর পরিমাণ 30 – 35 ভাগ। এ বিশাল পরিমাণের ছাই সংরক্ষণ করা খুবই দুরূহ বিষয়। জলাভূমি বা নদী বা সাগরে ফেলে দিলেও পরিবেশের ক্ষতি সাধন করে থাকে।

৩. **বর্জ্য গ্যাস :** কয়লাকে দহনের সময় তা থেকে বিভিন্ন ধরনের বায়ুদূষক বর্জ্য গ্যাসীয় পদার্থের সৃষ্টি হয়। কয়লার মধ্যে S, N, P, As প্রভৃতি উপাদান মৌল বর্তমান থাকে। কয়লার দহনের সময় এরা অক্সাইড যৌগে পরিণত হয়। যেমন, S থেকে SO_2 গ্যাস, এটি খুবই ক্ষতিকারক গ্যাস। WHO এর পরিসংখ্যানে দেখা যায় সমগ্র পৃথিবীতে শিল্প কারখানা থেকে বছরে প্রায় বিশ কোটি টন বিষাক্ত SO_2 গ্যাস বাতাসে মিশছে। এসব SO_2 বাতাসের জলীয় বাষ্পের সাথে মিশে H_2SO_4 উৎপন্ন করে থাকে। যা কিনা এসিড বৃষ্টির কারণ। উৎপন্ন SO_2 এর শতকরা 35 ভাগই আসে কয়লার দহনের ফলে। এছাড়া N হতে NO_2, P হতে P_2O_5, As হতে As_2O_3 উৎপন্ন হয়ে থাকে। যার সবকটিই মারাত্মক ক্ষতিকারক।

৪. **স্থানান্তর :** প্রকল্পটি যে স্থানে প্রতিষ্ঠিত করা হয় যেখান হতে অন্যত্র আর স্থানান্তর করা সহজ হয় না।

৫. **ভূমির ব্যবহার :** কয়লাভিত্তিক বিদ্যুৎকেন্দ্র স্থাপনের ফলে যথেষ্ট ভূমির ব্যবহার ঘটে থাকে। খনি থেকে কয়লার উত্তোলন, সংরক্ষণ, পরিবহন ও পুনরায় সংরক্ষণ সবক্ষেত্রেই যথেষ্ট ভূমির প্রয়োজন হয়।

৬. **যোগাযোগ ব্যবস্থা :** এক্ষেত্রে উন্নত যোগাযোগ ব্যবস্থা ও অবকাঠামোগত উন্নয়নের প্রয়োজন পড়ে। কয়লার পরিবহনের জন্য উন্নত অথচ কম ব্যয়বহুল পরিবহন ব্যবস্থা থাকার প্রয়োজন।

৫.১৪ ন্যানো পার্টিক্যাল ও ন্যানো প্রযুক্তির ধারণা

(Concept of Nano Perticle & Neno Technology)

ন্যানো পার্টিক্যাল হলো শূন্যমাত্রিক ন্যানো গঠনবিশিষ্ট অনিয়তাকার (Amorphous) বা অর্ধস্ফটিকাকার (Semicrystalline) পদার্থ যার মধ্যে অন্ততপক্ষে দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও উচ্চতায় মান (Dimension) 1 থেকে 100 nm এর মধ্যে। এ কণার বিচ্ছুরণ (Dispersion) বা ছড়িয়ে পড়ার প্রবণতা সাধারণ কণার তুলনায় অপেক্ষাকৃত অনেক অনেক গুণ বেশি। আমরা জানি, 1 nm হলো 10^{-9}m। তাহলে কিছুটা হলেও অনুমান করতে পারো আকারে কতটাই না সূক্ষ্ম। IUPAC এর সংজ্ঞানুযায়ী যে

সকল কণার আকার 1×10^{-9} m থেকে 1×10^{-7} m এর মধ্যে তাদেরকে ন্যানো পার্টিক্যাল বা ন্যানো কণা বলা হয়ে থাকে। 1970 – 80 সালে জাপানি ও আমেরিকান বিজ্ঞানিগণ এ কণাকে অতিমসৃণ কণা হিসেবে অভিহিত করলেও 1990 সালে আমেরিকান বিজ্ঞানিগণ এর নামকরণ করেন ন্যানো কণা হিসেবে। এ ক্ষুদ্র বস্তুকণা মূলত বস্তুটির সকল ধর্মের একক হিসেবে আচরণ করে থাকে।

ন্যানো পার্টিক্যালের ক্ষুদ্রতর আকার এবং অপেক্ষাকৃত বৃহৎ পৃষ্ঠতলের জন্য এর বিশেষ ধরনের গুণাবলি সম্পন্ন হয়ে থাকে। এর মধ্যে থাকে অস্বাভাবিক পরিব্যাপ্তির ক্ষমতা, বর্ধিত যান্ত্রিক শক্তি, উচ্চ আপেক্ষিক তাপ, চৌম্বক ধর্মসম্পন্ন, তড়িৎ প্রতিরোধক, সর্বোপরি non linear আলোকে ধর্মের আচরণ করা। কোনো ন্যানো পার্টিক্যাল সম্পর্কে ধারণা লাভ করতে হলে প্রথমে এর গঠন সম্পর্কে জানতে হবে। এক্ষেত্রে গঠন বলতে ন্যানো পার্টিক্যাল কী ধরনের পরমাণুসমূহের গঠন কাঠামো নির্মাণ (Building block) করে এবং কিভাবে কোন পদ্ধতিতে এসব পরমাণু পরস্পরের সাপেক্ষে বিন্যস্ত সে সম্পর্কে ধারণা লাভ করা। তবে বেশির ভাগ ন্যানো পার্টিক্যালের গঠন কেলাসাকার। এদের সহস্র পরমাণু নিয়মিত ও সুবিন্যস্ত গঠন কাঠামোর মধ্যে আবদ্ধ থাকে যাকে Crystal lattice বলা হয়ে থাকে। এ Crystal lattlice এর মাধ্যমেই একক কোষের (Unit cell) কাঠামো তথা কোষের পরমাণুর আকার শনাক্ত করা যায়।

ন্যানো পার্টিক্যাল বাল্ক উপাদান (Bulk material) এর সাথে পারমাণবিক ও আণবিক গঠনের মধ্যে একটা কার্যকরী সেতু সৃষ্টি করে থাকে। বাল্ক পদার্থের অবশ্যই সুনির্দিষ্ট ভৌত ধর্ম বর্তমান থাকে; কিন্তু পদার্থের আকার যতো ন্যানো স্কেলের দিকে যায় এদের ধর্ম ততো পরিবর্তিত হতে থাকে। এদের বৃহৎ পৃষ্ঠতলের কারণে উচ্চ তাপমাত্রা ও পরিব্যাপ্তির জন্য প্রয়োজনীয় শক্তি পেতে পারে। ফটোভোল্টায়িক কোষে সূর্যরশ্মির বিকিরণ শোষণের মাত্রা ন্যানো কণাসমূহের ক্ষেত্রে স্বাভাবিক কণার তুলনায় অত্যধিকভাবে বেশি। কারণ আকার ক্ষুদ্র হওয়ার সাথে সাথে শোষণের মাত্রা পরিমাণের বৃদ্ধি ঘটে। এছাড়াও আকার নির্ভর আরও কিছু ভৌত ধর্মের পরিবর্তন দেখা যায় যেমন, অর্ধপরিবাহকের কোয়ান্টাম বাঁধা, ধাতব পদার্থের ক্ষেত্রে তল প্লাজমীয় অনুরণন এবং চৌম্বক পদার্থের অতি চৌম্বকত্ব গুণের বৃদ্ধি করে থাকে। ফেরোম্যাগনেটিক পদার্থগুলোর আকার 10 nm এর কম হলে এরা কক্ষ তাপমাত্রায় শক্তি শোষণ করে তাদের চৌম্বকীয়করণ ঘটায় এবং স্মৃতি ধারণের (Memory storage) ক্ষেত্রে অকার্যকর হয়ে পড়ে।

ন্যানো পার্টিক্যালসমূহ দ্রবণে গিয়ে সাসপেনশন তৈরিতে সক্ষম, কেননা দ্রাবক ও ন্যানো কণাসমূহের আন্তঃঅণু ক্রিয়া প্রতিক্রিয়া যথেষ্ট শক্তিশালী হওয়ায় এরা দ্রব ও দ্রাবকের মধ্যে ঘনত্বের একটি সামঞ্জস্য সৃষ্টি করে থাকে। উচ্চ তাপমাত্রায় ন্যানো পার্টিক্যালসমূহের আয়তনের তুলনায় তল ধারণের অতিক্ষমতার কারণে ব্যাপন প্রক্রিয়াকে খুবই ত্বরান্বিত করে থাকে।

এছাড়াও ন্যানো পার্টিক্যালের মধ্যে আরও বেশ কিছু বৈশিষ্ট্য পরিলক্ষিত হয়। যেমন–

১. ন্যানো পার্টিক্যাল শূন্যমাত্রিক (Zero Dimensional) এবং ন্যানো গঠনবিশিষ্ট।
২. ন্যানো পার্টিক্যাল অনিয়তাকার (Amorphous) ও অর্ধস্ফটিকাকার (Semicrystalline)।
৩. ন্যানো পার্টিক্যাল বাল্ক উপাদান (Bulk meterial) জাতীয় পদার্থ।
৪. এর ছড়িয়ে পড়ার প্রবণতা বা বিচ্ছুরণের ক্ষমতা (Dispersion) অপেক্ষাকৃত বেশি।
৫. আয়তনের তুলনায় এদের বৃহৎ পৃষ্ঠতল ক্ষেত্রফল বর্তমান। 1 mm^3 আকারের 1 kg ভরের কণা এবং 1 nm^3 আকারের 1 mg ভরের ন্যানো পার্টিক্যাল একই তল ধারণ করে থাকে।
৬. এটি আণবিক বা পারমাণবিক গঠনের কেলাসের মধ্যে সেতু বন্ধন সৃষ্টি করে।
৭. বিকিরণ শোষণের মাত্রা ন্যানো পার্টিক্যালের ক্ষেত্রে অত্যধিক, কারণ ক্ষুদ্র হওয়ার সাথে সাথে শোষণের পরিমাণ বৃদ্ধি পায়।

ন্যানো প্রযুক্তি হলো আধুনিক প্রযুক্তির উন্নয়নের ভিত্তি ও মানদণ্ড। খুব স্বল্পমাত্রার ব্যবহারের ফলে বিক্রিয়কের শতভাগ যেমন উৎপাদে পরিণত হওয়ার সম্ভাবনা থাকে একইভাবে অতিরিক্ত অবিকৃত বিক্রিয়ক না থাকায় পরিবেশের ক্ষতিও খুব কম হয়ে থাকে। ন্যানো পার্টিক্যালের ক্ষুদ্র আকার এবং বৃহৎ পৃষ্ঠতলের জন্য ন্যানো প্রযুক্তিতে এর অবদান অপরিসীম ও খুবই ব্যাপক। বিশেষ করে বর্ধিত যান্ত্রিক শক্তি, বর্ধিত পরিব্যাপ্তি, উচ্চ আপেক্ষিক তাপ, চৌম্বক আচরণ, তড়িৎ প্রতিরোধক, Non liner optical আচরণ ও সবই ন্যানো প্রযুক্তিকে উৎকর্ষ ও সমৃদ্ধ করেছে। বিভিন্ন অলংকার ও তৈজসপত্রের ঔজ্জ্বলতা বৃদ্ধির ক্ষেত্রে ন্যানো প্রযুক্তির তুলনা হয় না। আধুনিক চিকিৎসা বিজ্ঞানে এ প্রযুক্তির বিকাশ ও প্রয়োগ এক কথায় বিস্ময়কর। ন্যানো পার্টিক্যাল বাহন ধর্ম প্রদর্শন করায় আধুনিক চিকিৎসা বিজ্ঞানে শরীরবৃত্তীয় প্রবাহের ক্ষেত্রে একে বাহক হিসেবে ব্যবহার করা হয়ে থাকে। বর্ণালি বিদ্যার উৎকর্ষ সাধনে ন্যানো পার্টিক্যাল ও ন্যানো প্রযুক্তির অবদান আধুনিক বিশ্লেষণ রসায়ন ও শিল্প রসায়নকে সমৃদ্ধ করেছে।

৫.১৫ পরমাণু, অণু ও ন্যানো পার্টিক্যালের তুলনা (Comperison Among Atom, Molecule & Nano Perticle)

মৌলিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণা যার স্বাধীন অস্তিত্ব নেই, কিন্তু ক্ষুদ্রতম একক হিসেবে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সরাসরি অংশগ্রহণ করতে পারে তাকেই আমরা পরমাণু বলব। প্রত্যেক মৌলের প্রতীক দ্বারা ঐ মৌলের পরমাণুকে প্রকাশ করা হয়। পরমাণু এতোই ক্ষুদ্র যে একে অধিক শক্তিশালী মাইক্রোস্কোপেও দেখা যায় না। একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ব্যাস 0.1 nm. অণু হলো মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণা যা প্রকৃতিতে স্বাধীনভাবে অবস্থান করে থাকে। ন্যানো পার্টিক্যাল হলো শূন্য dimensional ও Nanostructure বিশিষ্ট Semicrystelline বা amorphous পদার্থ যার অন্তত একটি dimension 10 থেকে 100 nm এর মধ্যে থাকে। এরা Bulk material এবং আণবিক বা পারমাণবিক গঠনের মধ্যে একটি কার্যকরী সেতু বন্ধন হিসেবে কাজ করে। NaCl অণু Crystalline হলেও এর ন্যানো কণা Semicrystalline গঠন যুক্ত। ন্যানো কণা Bulk material জাতীয় পদার্থ হওয়ায় এদের আকার ক্ষুদ্রতর হলেও পৃষ্ঠতল বৃহৎ হয় কিন্তু অণুর পক্ষে এটি সম্ভবপর নয়। এ প্রসঙ্গে পরমাণু, অণু ও ন্যানো কণার মধ্যে কিছু সুনির্দিষ্ট পার্থক্যের আলোচনা করা হলো।

আকার : মৌলের পরমাণুর আকার অর্থাৎ পারমাণবিক ব্যাসার্ধ বলতে বুঝায় নিউক্লিয়াস হতে ঐ মৌলের ইলেক্ট্রন মেঘের শেষ সীমানা পর্যন্ত দূরত্ব। সাধারণভাবে একটি পৃথক ও নিরপেক্ষ পরমাণুর আকার (ব্যাস) 0.05 nm – 0.57 nm হয়। উদাহরণস্বরূপ Li, Na, K, Rb, Cs ও Fr মৌলের পারমাণবিক ব্যাস 0.304 nm, 0.372 nm, 0.462 nm. 0.488 nm, 0.524 nm ও 0.57 nm। মৌলিক অণু যেমন হাইড্রোজেন (H_2) এর একটি অণুর ব্যাস 0.1 nm। ক্ষুদ্র অণুসমূহ বিশেষ করে 2–10টি পরমাণু সংবলিত অণু 0.1 থেকে 10 nm ব্যাসবিশিষ্ট হয়ে থাকে। যৌগিক অণুর ক্ষেত্রে অ্যালকেনের কার্বন-কার্বন বন্ধন দৈর্ঘ্য 0.154 nm, অ্যালকিনের ক্ষেত্রে কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনের বন্ধন দূরত্ব 0.133 nm, অ্যালকাইনের ক্ষেত্রে কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধনের বন্ধন দূরত্ব 0.12 nm। অধিকাংশ অণুর ব্যাস সাধারণত 0.1 থেকে 1 nm হলেও বৃহদাকার অণু DNA অণুর আকার 10–1000 nm হতে পারে। দৈত্যাকার অণু যেমন SiO_2, SiC, হীরক এসব অণুতে কোটি কোটি পরমাণু যুক্ত থাকে। এ কারণে এদের আকার ন্যানোপার্টিকেলের আকারের থেকেও বড় হয়। তবে, বিভিন্ন জৈব পলিমার অণুর আকার সাধারণ অণুর তুলনায় বড় হয়। একটি ন্যানো কণার আকার 10 – 100 nm এর মধ্যে থাকে।

পৃষ্ঠতল : একটি বড় পদার্থের পৃষ্ঠতল ঐ সম্পূর্ণ পদার্থের অনুপাতে অনেক ছোট, কিন্তু ন্যানো কণার ক্ষেত্রে ন্যানো কণার পুরোটাই তার পৃষ্ঠতল। ন্যানো কণার ক্ষেত্রে পৃষ্ঠতলের ভূমিকা খুবই গুরুত্বপূর্ণ। কারণ কোনো পদার্থ যখন অন্য কোনো পদার্থের সাথে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে তখন পৃষ্ঠতলেই বিক্রিয়া সংঘটিত হয়। ন্যানো কণার পৃষ্ঠতল অধিক বলে রাসায়নিকভাবে অধিক সক্রিয় হয়। ন্যানো কণার সক্রিয়তা সাধারণ পদার্থের তুলনায় অনেক বেশি। মজার বিষয় হলো নিষ্ক্রিয় অনেক পদার্থই ন্যানো অবস্থায় এসে সক্রিয় হয়ে পড়ে।

আকৃতি : পরমাণুর আকৃতি সাধারণত গোলাকার হিসেবে ধরে নেওয়া হয়। কিন্তু অণুর আকার বিভিন্ন জ্যামিতিক গঠনবিশিষ্ট হয়ে থাকে। যেমন $BeCl_2$ সরল রৈখিক, BH_3 ত্রিভুজীয়, CH_4 চতুস্তলকীয় ইত্যাদি।

কার্যকারিতা : প্রতিটি মৌলের পরমাণুর ধর্ম সুনির্দিষ্ট। পরমাণুর ধর্মই ঐ মৌলের ধর্ম। অণু যে মৌলের সমন্বয়ে গঠিত ঐ মৌলের ধর্ম অণুর ধর্মকে প্রভাবিত করতে পারে, নাও পারে। ন্যানো কণার ক্ষেত্রে এদের ধর্মের আমূল পরিবর্তন পরিলক্ষিত হয়। যেমন ন্যানো কণার পৃষ্ঠতলের ক্ষেত্রফলের পরিমাণ বেশি হওয়ায় তাদের তড়িৎ পরিবাহিতা, তাপ পরিবাহিতা, ব্যাপ্তিত হওয়ার ক্ষমতা অনেক বেশি বেড়ে যায়। এমন কি চুম্বকত্ব গুণও মারাত্মকভাবে বেড়ে যায়। তবে গলনাঙ্কের মান কমে যায়। যেমন- স্বর্ণের গলনাঙ্ক প্রায় 1046°C হলেও এটির ন্যানো কণার গলনাঙ্ক মাত্র 300°C।

ন্যানো কণার Non-linear আচরণ, বর্ধিত যান্ত্রিক শক্তি, পরিব্যাপ্তিকরণ, উচ্চ আপেক্ষিক তাপ, চৌম্বক আচরণ ও তড়িৎ প্রতিরোধক ধর্মসম্পন্ন হয়। এসব গুণের কোনোটিই ঐ পদার্থের স্বাভাবিক অবস্থায় এর অণুর পক্ষে সম্ভবপর নয়। পদার্থের আকার যতো ন্যানো স্কেলের দিকে যেতে থাকে এদের ধর্ম ততো পরিবর্তন হতে থাকে। যেমন 10 nm এর চেয়ে ক্ষুদ্রতর Ferroelectric পদার্থ এদের magnetization ঘটাতে পারে। ন্যানো কণার বৃহৎ পৃষ্ঠতল ক্ষেত্রফল উচ্চ তাপমাত্রায় ও পরিব্যাপনের জন্য চালিকাশক্তি পায় কিন্তু ঐ পদার্থের অণুর ক্ষেত্রে এটি সম্ভবপর হয় না। অপরদিকে পদার্থের অণুর মধ্যে স্বাভাবিক অবস্থায় বেশ কিছু সুনির্দিষ্ট ভৌত ধর্ম থাকে কিন্তু ন্যানো কণার মধ্যে তা থাকে না। ন্যানো কণার আকার নির্ভরশীল ধর্ম যেমন সেমিকন্ডাক্টর কণার Quantum

continement, ম্যাগনেটিক পদার্থের Supperparamagnetism ধর্ম পরিলক্ষিত হয়। আণবিক কেলাসের তুলনায় ন্যানো কণার গলনাঙ্ক অনেক কম হয়ে থাকে। তবে এক্ষেত্রে ন্যানো কণার আকার 100 nm এর থেকে ছোট হতে হবে।

উপরে উল্লিখিত পার্থক্যসমূহ ছাড়াও আরও বেশ কিছু বিশেষ পার্থক্য পরিলক্ষিত হয়। যেমন–

১. **বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ :** নিম্ন পারমাণবিক ভর সম্পন্ন নিষ্ক্রিয় মৌলের পরমাণু ভিন্ন অন্যসব পরমাণু সরাসরি রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে থাকে। অণুকে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করতে হলে পরমাণুতে পরিবর্তিত হতে হয়। ন্যানো পার্টিক্যালের ক্ষেত্রেও পরমাণুতে পরিবর্তিত হওয়ার পর বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে।

২. **সক্রিয়তা :** নিষ্ক্রিয় মৌলের পরমাণু ভিন্ন প্রতিটি মৌলের পরমাণু রাসায়নিকভাবে অতিশয় সক্রিয়। অণুর ক্ষেত্রে কখনও সক্রিয়তা ধর্ম প্রকাশ পায় আবার কখনও সক্রিয়তা ধর্ম প্রকাশ পায় না। মৌলের ন্যানোপার্টিক্যাল রাসায়নিকভাবে সক্রিয়।

৩. **কোয়ান্টাম ধর্ম :** পরমাণুর ক্ষেত্রে কোয়ান্টাম ধর্ম আপেক্ষিক। কোনো কোনো পরমাণু এ ধর্মকে অনুসরণ করে আবার কোনো কোনো পরমাণু এ ধর্মকে অনুসরণ করে না। অণু কোয়ান্টাম ধর্মকে অনুসরণ করে না। ন্যানোপার্টিক্যাল কোয়ান্টাম ধর্মকে যথাযথভাবে অনুসরণ করে থাকে।

৪. **আলোক ধর্ম :** প্রতিটি পরমাণুর ক্ষেত্রে আলোক ধর্মের মান স্থির। কোনো কোনো অণু আলোক ধর্ম প্রদর্শন করে আবার কোনো কোনো অণু এ ধর্ম প্রদর্শন করে না। প্রতিটি ন্যানোপার্টিক্যাল আলোক ধর্ম প্রদর্শন করে থাকে।

৫. **চুম্বকত্ব গুণ :** অণু ও পরমাণুতে চুম্বকত্ব গুণ বর্তমান থাকে এবং এ মান বিভিন্ন পরমাণুর ক্ষেত্রে ভিন্ন কিন্তু স্থির। কণা ন্যানোপার্টিক্যালে পরিবর্তিত হলে এর চুম্বকত্ব গুণ অনেক বেড়ে যায়।

৬. **প্রভাবন ধর্ম :** বেশ কিছু পরমাণু বিশেষ করে অবস্থান্তর মৌল ও আন্তঃঅবস্থান্তর মৌলের পরমাণু প্রভাবন ধর্ম প্রদর্শন করে থাকে। অণুর ক্ষেত্রেও এ ধর্ম দেখা যায়। ন্যানোপার্টিক্যালের মধ্যে প্রভাবন গুণ মারাত্মকভাবে বেড়ে যায়। ন্যানোপার্টিক্যালের সক্রিয় পৃষ্ঠতল বেড়ে যাওয়ায় এর প্রভাবন ধর্মও বেড়ে যায়। স্বর্ণ সাধারণভাবে নিষ্ক্রিয় হলেও কার্বন ন্যানোটিউবে যুক্ত স্বর্ণ পানি (H_2O) ও CO হতে H_2 উৎপাদনের ক্ষেত্রে উৎকৃষ্ট প্রভাবক। প্লাটিনাম কোবাল্ট ন্যানোপার্টিক্যাল দ্বারা প্রস্তুতকৃত প্রভাবক ফুয়েল সেলে ব্যবহৃত সাধারণ Pt অপেক্ষা প্রায় 12 গুণ বেশি ক্ষমতাসম্পন্ন।

৭. **সাসপেনশন গঠন :** পরমাণুর ক্ষেত্রে সাসপেনশন গঠন করার প্রবণতা যথেষ্ট মাত্রায় কম। অণু কোনো কোনো ক্ষেত্রে সাসপেনশন গঠন করে আবার কোনো কোনো ক্ষেত্রে করে না। ন্যানোপার্টিক্যালের সাসপেনশন গঠন করার প্রবণতা যথেষ্ট মাত্রায় অধিক। দ্রাবকের সাথে ন্যানোপার্টিক্যালের ঘনত্বের পার্থক্যজনিত প্রভাব এ প্রক্রিয়াকে সহজতর করে।

৮. **যান্ত্রিক দক্ষতা :** পরমাণুর যান্ত্রিক দক্ষতা মৌলের যান্ত্রিক দক্ষতার সমতুল্য হয়। অণুর ক্ষেত্রে যান্ত্রিক দক্ষতার ক্ষেত্র বিশেষ পরিলক্ষিত হয় আবার পরিলক্ষিত হয় না। কিন্তু ন্যানোপার্টিক্যালের যান্ত্রিক দক্ষতা সাধারণ উপাদানের নির্মিত যান্ত্রিক দক্ষতা অপেক্ষা অনেক বেশি উচ্চ গুণ সম্পন্ন, উৎকর্ষ ও ব্যবহার উপযোগী। ন্যানোপার্টিক্যালের তৈরি স্মার্টফোন অনেক বেশি সুন্দর, দক্ষ ও ব্যবহার উপযোগী। ন্যানোপার্টিক্যালের নির্মিত ফুয়েল সেল অনেক বেশি দক্ষ, শক্তি ধারণ ক্ষমতা বেশি এবং শক্তির রূপান্তরের দক্ষতাও অনেক বেশি।

৯. **বর্ণ :** পরমাণু বর্ণযুক্ত বা বর্ণহীন যে কোনোটিই হতে পারে। অণুর ক্ষেত্রেও একই কথা প্রযোজ্য তবে অবস্থান্তর মৌল সব সময় রঙিন যৌগ গঠন করে। সাধারণ পদার্থের বর্ণ এবং ঐ উপাদানের ন্যানো কণার বর্ণের ক্ষেত্রে আমূল পরিবর্তন পরিলক্ষিত হয়। সাধারণ স্বর্ণ হলুদ বর্ণের হলেও এর ন্যানো কণার বর্ণ লাল। আবার ন্যানো অবস্থায় স্বর্ণ পানিতে কালো বর্ণের হয়।

১০. **স্থায়িত্ব :** পরমাণুর মধ্যে স্থির বৈদ্যুতিক আকর্ষণ বল তথা তড়িৎ চুম্বকীয় বল বর্তমান থাকে। অণুর মধ্যে বন্ধন শক্তি, বৈদ্যুতিক ডাইপোল, H-বন্ধন, ভ্যান্ডার ওয়ালস আকর্ষণ বল বর্তমান থাকে। ন্যানোপার্টিক্যালের মধ্যে ভ্যান্ডার ওয়ালস বল কার্যকরী হয়।

বেশির ভাগ ন্যানো গঠন কেলাসের প্রকৃতি অর্থাৎ অসংখ্য পরমাণুর নিয়মিত, সুবিন্যস্ত গঠন থাকে, যাকে Crystal lattice বলা হয়ে থাকে। এক্ষেত্রে দ্বিমাত্রিকতায় (Two dimensions) সম্ভাব্য 17 ধরনের কেলাস গঠন থাকে, যাকে বলা হয় Space group এবং এগুলো চারটি কেলাস সিস্টেমে বিভক্ত। ত্রিমাত্রিকতায় (Three dimensions) সম্ভাব্য সাতটি কেলাস সিস্টেম থাকে এবং Space group এর সংখ্যা মোট 230 টি। পরমাণু বা অণুর ক্ষেত্রে এ ধরনের কোনো ধরাবাধা গঠন কাঠামো থাকে না। Crystal lattice বিশ্লেষণ করে একক কোষে পরমাণুর অবস্থান শনাক্ত করা হয়।

৫.১৬ পদার্থের স্বাভাবিক অবস্থা ও ন্যানো কণার ভৌত ধর্মের তুলনা

পদার্থের স্বাভাবিক অবস্থা ও ন্যানো কণার ভৌত ধর্মের মধ্যে যথেষ্ট বৈসাদৃশ্য বর্তমান থাকে। স্বাভাবিকভাবেই ন্যানো পার্টিক্যাল শূন্য Dimensional এবং Nanostructure বিশিষ্ট। কঠিন পদার্থসমূহ সাধারণত Crystalline পদার্থ কিন্তু যখনই এটি ন্যানো গঠনে পরিবর্তিত হয় তখন এটি Semicrystalline হয়ে পড়ে। ন্যানো পার্টিক্যাল Bulk material জাতীয় পদার্থ হওয়ায় এদের আকার ক্ষুদ্রতর হলেও পৃষ্ঠতল হয় বৃহৎ। যে কারণে Non-linear আচরণ, বর্ধিত যান্ত্রিক শক্তি, পরিব্যাপ্তিকরণ, উচ্চ আপেক্ষিক তাপ, চৌম্বক আচরণ ও তড়িৎ প্রতিরোধক ধর্ম সম্পন্ন হয় যা ঐ পদার্থেরই স্বাভাবিক অবস্থায় সম্ভব নয়। পদার্থের আকার যতো ন্যানোস্কেলের দিকে যেতে থাকে এদের ধর্ম ততো পরিবর্তন হতে থাকে। যেমন– 10 nm এর চেয়ে ক্ষুদ্রতর Ferroelectric পদার্থ এদের magnetization ঘটাতে পারে। ন্যানো পার্টিক্যালের আয়তনের তুলনায় বৃহৎ পৃষ্ঠতল ক্ষেত্রফল উচ্চ তাপমাত্রাও পরিব্যাপনের জন্য চালিকাশক্তি পায়, পদার্থের স্বাভাবিক অবস্থায় এটি সম্ভবপর হয় না।

পদার্থের স্বাভাবিক অবস্থায় বেশকিছু সুনির্দিষ্ট ভৌত ধর্ম থাকে কিন্তু ন্যানো পার্টিক্যালের তা থাকে না। ন্যানো কণার আকার নির্ভরশীল ধর্ম যেমন– সেমিকনডাক্টর কণার Quantum continement, কিছু ধাতব পার্টিক্যালে Surface plasma resonance, ম্যাগনেটিক পদার্থের Superparamagnetism ধর্ম পরিলক্ষিত হয়। পদার্থের স্বাভাবিক অবস্থায় ধাতব পদার্থ, নিষ্ক্রিয় গ্যাস, সেমিকনডাক্টর এবং আণবিক কেলাসের তুলনায় ন্যানো পার্টিক্যাল অনেক কম গলনাঙ্কবিশিষ্ট হয়ে থাকে। তবে এক্ষেত্রে ন্যানো কণার আকার 100 nm এর নিচে হতে হবে। ন্যানো কণার নিম্ন গলনাঙ্ক হওয়ার কারণ হলো এদের আকার ক্ষুদ্র হওয়ার সাথে সাথে পৃষ্ঠতল শক্তি বৃদ্ধি পায়। দশা অবস্থার রূপান্তর তাপমাত্রার হ্রাস ঘটে।

এসব ছাড়াও পদার্থের স্বাভাবিক কণা ও ন্যানোপার্টিক্যালের মধ্যে বেশ কিছু ভৌত ধর্মের পার্থক্য পরিলক্ষিত হয়।

১. **বর্ণ :** সাধারণ উপাদানের বর্ণ এবং ঐ উপাদানের ন্যানোপার্টিক্যালের বর্ণের মধ্যে যথেষ্ট পার্থক্য পরিলক্ষিত হয়। স্বর্ণ সাধারণভাবে হলুদ বর্ণযুক্ত হয় কিন্তু স্বর্ণের ন্যানোপার্টিক্যাল লাল বর্ণ যুক্ত হয়। তবে পানির মধ্যে এটি কালো দেখায়। সাধারণ অবস্থায় সিলিকনের বর্ণ ধূসর কিন্তু এর ন্যানোপার্টিক্যাল লাল বর্ণযুক্ত হয়। গ্রাফাইট ধূসর বর্ণের হলেও এর ন্যানোপার্টিক্যালের বর্ণ রূপালী হয়।

২. **চৌম্বক ধর্ম :** সাধারণ উপাদান এবং ন্যানোপার্টিক্যালে প্রস্তুত উপাদানের মধ্যে চৌম্বক ধর্মের ভিন্নতা পরিলক্ষিত হয়। স্বর্ণের সাধারণ অবস্থায় কোনো চৌম্বক ধর্ম থাকে না। কিন্তু ন্যানোপার্টিক্যাল অবস্থায় স্বর্ণের চৌম্বক ধর্ম বর্তমান। প্রকৃতপক্ষে উপাদানের চৌম্বকীয় বৈশিষ্ট্য তার কাঠামো ও তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে। কিন্তু ন্যানোপার্টিক্যালের ক্ষেত্রে এ ধর্ম পৃষ্ঠতলের ক্ষেত্রফলের প্রভাব দ্বারা প্রভাবিত হয়। বস্তুর কণার আকার ন্যানোপরিসরে পৌঁছালে ন্যানোপার্টিক্যালের কোয়ান্টাম অবরুদ্ধতার কারণে নতুন বৈশিষ্ট্য প্রদর্শন করে। এ বৈশিষ্ট্যের মধ্যে চৌম্বকীয় ধর্ম বিশেষভাবে প্রকাশ পায়।

৩. **প্রভাবন ধর্ম :** সাধারণ উপাদান অপেক্ষা এর ন্যানোপার্টিক্যালের প্রভাবন ধর্ম অনেক অনেক গুণ অধিক হয়। প্রভাবকের সক্রিয় পৃষ্ঠতলের ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি পেলে প্রভাবন ধর্মও বৃদ্ধি পায়। স্বর্ণ নিষ্ক্রিয় হলেও কার্বন ন্যানোটিউবে স্বর্ণের ন্যানোপার্টিক্যাল পানি ও CO থেকে H_2 উৎপাদনের ক্ষেত্রে উৎকৃষ্ট মানের প্রভাবক

$$H_2O(l) + CO(g) \xrightarrow[\text{ন্যানোপার্টিক্যাল}]{\text{প্রভাবক Au এর}} H_2(g) + CO_2(g)$$

স্বর্ণের সক্রিয় পৃষ্ঠতলের বৃদ্ধির কারণে পৃষ্ঠতলের প্রভাবন সক্রিয়তা বৃদ্ধি পায়। Pt নিজেই প্রভাবক কিন্তু Pt-Co ন্যানোপার্টিক্যাল দ্বারা প্রস্তুত প্রভাবক ফুয়েল সেলে ব্যবহৃত Pt অপেক্ষা প্রায় 12 গুণ অধিক সক্রিয় হয়।

৪. **গলনাঙ্ক :** সাধারণ উপাদান ও এর ন্যানোপার্টিক্যালের গলনাঙ্কের ক্ষেত্রে ব্যাপক পরিবর্তন পরিলক্ষিত হয়। ন্যানোপার্টিক্যালের আকার ক্ষুদ্র হওয়ার কারণে এর পৃষ্ঠতলের ক্ষেত্রফলের বৃদ্ধি ঘটে। ফলে দশার পরিবর্তন ঘটে এবং গলনাঙ্কের মানের হ্রাস ঘটে। উদাহরণস্বরূপ, স্বর্ণের গলনাঙ্ক 1064 °C হলেও স্বর্ণের 2.5 nm আকারের ন্যানোপার্টিক্যালের গলনাঙ্ক 300 °C হয়।



চিত্র ৫.১৬ : ন্যানো পার্টিকেলের ধারণা

৫. **তড়িৎ পরিবাহিতা :** সাধারণ অবস্থায় অণুর তড়িৎপরিবাহিতা অপরিবর্তিত থাকলেও ন্যানোপার্টিক্যালের ক্ষেত্রে তড়িৎ পরিবাহিতার পরিবর্তন ঘটে। সাধারণ অবস্থায় স্বর্ণ তড়িৎ পরিবাহী হলেও 1.5 – 2.5 nm দৈর্ঘ্যের ন্যানো স্বর্ণের তড়িৎ পরিবাহিতা ধর্ম খুবই কম। গ্রাফাইট তড়িৎ পরিবাহী হলেও ন্যানোপার্টিক্যাল তড়িৎ অপরিবাহী। আবার গ্রাফাইটের তড়িৎ পরিবাহিতা অপেক্ষা গ্রাফাইটের ন্যানোপার্টিক্যাল গ্রাফিনের তড়িৎ পরিবাহিতা অনেক গুণ বেশি।

৬. **যান্ত্রিক দক্ষতা :** সাধারণ উপাদানের নির্মিত ইঞ্জিনের যান্ত্রিক দক্ষতা অপেক্ষা ন্যানোপার্টিক্যাল ইঞ্জিনের যান্ত্রিক দক্ষতা অনেক অনেক গুণ বেশি। ন্যানোপার্টিক্যালে নির্মিত যন্ত্রের দক্ষতা, উৎকর্ষতা, উজ্জ্বলতা ও স্থায়িত্ব সাধারণ উপাদানের তুলনায় অনেক গুণ বেশি। ন্যানোপার্টিক্যাল নির্মিত সৌর বিদ্যুৎ প্যানেল, স্মার্টফোন, ফুয়েল সেল ব্যাটারি যেকোনো ধরনের ইঞ্জিন সবকিছুই দক্ষ ও ব্যবহার উপযোগী হয়।

৭. **কোয়ান্টাম ধর্ম :** সাধারণ বস্তুর অণুর ক্ষেত্রে কোয়ান্টাম বলবিদ্যা অনুসরণ করতেও পারে আবার নাও করতে পারে। কিন্তু ন্যানোপার্টিক্যাল কোয়ান্টাম বলবিদ্যাকে অনুসরণ করে। ন্যানো অবস্থায় উপাদানের আচরণগত পরিবর্তন ঘটে। উদাহরণস্বরূপ 50 nm দৈর্ঘ্যের তামার তারকে বাঁকানো সম্ভব না হলেও বড় আকারের তামার তারকে বাঁকানো সম্ভব।

৫.১৭ শিল্পে ন্যানো পার্টিক্যাল ব্যবহারের সম্ভাবনা

শিল্পে ন্যানো পার্টিক্যালের ব্যবহারের অপার সম্ভাবনা। অতি প্রাচীনকাল থেকেই ন্যানো পার্টিক্যালের ব্যবহার হয়ে আসছে। আধুনিককালে এর ব্যবহার খুবই ব্যাপক। এ বিষয়ে স্বল্প পরিসরে কিছু আলোচনা করা হলো।

১. **ফুয়েল সেল ও সেলের বিভেদপর্দা প্রস্তুতিতে :** ন্যানোক্রিস্টালাইন পদার্থকে হাইড্রোজেন ফুয়েল সেলের বিভেদ পর্দা (Separator plate) এর প্রস্তুতির উপাদান হিসেবে ব্যবহার করা হয়। এরূপ প্রস্তুতকৃত বিভেদ পর্দা সাধারণ প্রচলিত বিভেদ পর্দা অপেক্ষা অনেক বেশি শক্তি ধারণ করে থাকে। ন্যানো ক্রিস্টালাইন নিকেল (Ni) ও ধাতব হাইড্রাইড (MHn) এর সমন্বয়ে যে নিকেল ধাতব হাইড্রাইড (Ni – MHn) ব্যাটারি তৈরি করা হয় তা অতি দ্রুত রিচার্জ করা যায় এবং অনেক বেশিদিন কার্যক্ষম হয়।

ফুয়েল সেলে অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনকে পৃথক করার ক্ষেত্রে বিভেদ পর্দা ও প্রভাবক বিশেষ ভূমিকা রাখে। ন্যানো পার্টিক্যাল হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনকে পৃথক রেখে হাইড্রোজেনকে হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) এ পরিণত করে জারণ ক্রিয়া সম্পন্ন করে থাকে। এছাড়া বিভেদ পর্দার দক্ষতা বৃদ্ধি করে জ্বালানি কোষের প্রভাবকের খরচ হ্রাস করে থাকে।

২. **উচ্চ বিশ্লেষণ ক্ষমতা পর্দা (High resolution) :** টেলিভিশনের পর্দা, কম্পিউটারের মনিটর ও বিভিন্ন ডিসপ্লে পর্দায় উচ্চ বিশ্লেষণ ক্ষমতা বৃদ্ধিতে ন্যানো পার্টিক্যালের ভূমিকা অপরিসীম। বিভিন্ন উপাদানের বিভাজন, বিশ্লেষণ, পৃথকীকরণ ও রূপান্তরে এর জুড়ি নেই। পর্দার চিত্রসমূহ উজ্জ্বল, নিখুঁত, সুস্পষ্ট ও আলোকিত করার ক্ষেত্রে ন্যানো ফসফোর বিশেষ ভূমিকা রাখে। ন্যানো ফসফোর ক্যাথোড রশ্মির টিউবের মধ্য থেকে অতি সহজে ইলেকট্রনের প্রবাহ দ্বারা আঘাতের ফলে আলোক রশ্মির ন্যায় উজ্জ্বলতা প্রদর্শিত হয়। টিউবের বিশ্লেষণ ক্ষমতা যতো উচ্চ হয় ন্যানো পার্টিক্যালের আকার ততো

ছোট হয়। বিশ্লেষণ ক্ষমতা উচ্চ হওয়ার কারণে চিত্র আরও উজ্জ্বল হয়। ন্যানো ফসফোরের ব্যবহার একদিকে বিশ্লেষণ ক্ষমতাকে উচ্চ (High resolution) করেছে অন্যদিকে দ্রব্যের মূল্যকে সাশ্রয়ী করেছে।

ন্যানো পার্টিক্যাল ও ন্যানো প্রযুক্তির প্রয়োগের ফলে ইলেকট্রনিক যন্ত্রপাতির ক্ষমতা ও দক্ষতা বৃদ্ধি করা হয়ে থাকে। ইলেকট্রনীয় সার্কিটের তাপীয় ব্যবস্থাপনায় কার্বন ন্যানোটিউব ব্যবহার করা হয়ে থাকে। সিস্টেমের দৃঢ়তা ও নমনীয়তার জন্য ন্যানো প্রযুক্তিতে কার্বন ন্যানোটিউবের গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রয়েছে।

ন্যানো প্রযুক্তির সফল ব্যবহারের ফলেই গত 09-01-2014 ইং চীন সফলভাবে হাইপারসনিক ক্ষেপণাস্ত্র যানের পরীক্ষা সম্পন্ন করেছে। এ হাইপারসনিক যানটি শব্দের চেয়েও দশগুণ বেশি গতিসম্পন্ন। এরপূর্বে মার্কিন যুক্তরাষ্ট্র ন্যানো প্রযুক্তিকে কাজে লাগিয়ে এরূপ হাইপারসনিক যানের সফল পরীক্ষা পরিচালনা করেছিল।

৩. **মোটর ইঞ্জিন :** অকটেন, পেট্রোল, ডিজেল এমনকি CNG কে জ্বালানি হিসেবে ব্যবহৃত ইঞ্জিনের ক্ষেত্রে অনেক বেশি পরিমাণে তাপশক্তির অপচয় ঘটে। ন্যানো প্রযুক্তির উদ্ভাবনের ফলে ন্যানো ক্রিস্টালাইন সিরামিক যেমন জিরকনিয়া (Ziroconia), অ্যালুমিনা (Alumina), নিকোলাইট (NiAs), গারনিয়ারাইট $(Ni.Mg)SiO_3$ প্রভৃতি দ্বারা ইঞ্জিন সিলিন্ডারকে প্রলেপ দেওয়া হয়ে থাকে। ফলে তাপীয় শক্তির অনেক কম খরচ হয়। ইঞ্জিনের কারবুরেটর এর ক্ষুদ্র যন্ত্রাংশের উপর ন্যানো পার্টিক্যাল Ni.Cr এর প্রলেপ দেওয়া থাকে। ফলে তাপীয় অপচয় অনেক হ্রাস পায়। আধুনিক প্রযুক্তির ইঞ্জিনের ক্ষেত্রে এর পরিমাণ প্রায় 68% ইঞ্জিনের ডিস্ট্রিবুটার ও কার্বন প্লাগের উপর কার্বনের ন্যানো পার্টিক্যালের প্রলেপ দেওয়া হয়ে থাকে। এতে করে তড়িতের স্বল্প মাত্রার প্রবাহকে অতি সহজে বিবর্ধিত করে উচ্চমাত্রার প্রবাহে পরিবর্তিত করে সর্বাধিক কার্যসম্পাদন করে থাকে।

৪. **বায়ু শোধন :** বিভিন্ন মোটরযান ও শিল্পকারখানা হতে নির্গত কালো বিষাক্ত ধোঁয়াকে পরিশোধিত করে বর্জ্য উপাদানকে অপসারিত করে নির্মল বায়ুতে পরিণত করতে বর্তমানকালে ন্যানো প্রযুক্তি ও ন্যানো পার্টিক্যালের ব্যবহার অতুলনীয়। ন্যানো পার্টিক্যাল দ্বারা উৎপন্ন প্রভাবকের অতি বৃহৎ পৃষ্ঠতল থাকে বলে এটি অতি সহজেই দ্রুততার সাথে বিক্রিয়ক পদার্থের সাথে আন্তঃক্রিয়া করে থাকে। এক্ষেত্রে প্রভাবক অত্যন্ত কার্যকরী হওয়ায় প্রভাবকের পৃষ্ঠতলে আন্তঃক্রিয়া খুব দ্রুতগতিতে সম্পন্ন হয়। ফলে বায়ু বর্জ্য মুক্ত ও দূষণ মুক্ত হয়। MnO_2 ও ধাতব সিলিকেটের সোলার ন্যানো কণা কক্ষ তাপমাত্রায় বায়ুতে উপস্থিত দূষক উপাদানকে বিয়োজিত করে। ফলে বায়ু যথেষ্ট দূষণমুক্ত হয়।

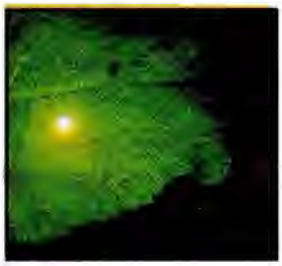
৫. **খাদ্য সংরক্ষণ ও ব্যবহার :** ন্যানো প্রযুক্তির ব্যবহারের ফলে খাদ্য সংরক্ষণ করা খুব সহজ হয়েছে। ফলে খাদ্যের নিরাপত্তা বিধান করা সম্ভব হয়েছে। এ প্রযুক্তির প্রয়োগের ফলে খাদ্যের স্বাদগুণ বৃদ্ধি করা হয়ে থাকে। তাছাড়া স্বাস্থ্যকর ও পুষ্টিমানসম্মত খাদ্য সরবরাহের ক্ষেত্রে ন্যানো প্রযুক্তি বিশেষ অবদান রাখছে। ফুড ইন্ডাস্ট্রিতে বিভিন্ন খাদ্যদ্রব্য প্রস্তুতিতে ও সংরক্ষণের ক্ষেত্রে ন্যানো পার্টিক্যাল খাদ্যদ্রব্যের স্থায়িত্বকে বৃদ্ধি ও অধিক কার্যকর করে থাকে।

৬. **পরিষ্কার ও জীবাণুমুক্ত পানি সরবরাহ :** ন্যানো প্রযুক্তির ব্যবহারের ফলে ভূগর্ভস্থ পানি থেকে বিভিন্ন বর্জ্য উপাদান বিশেষ করে CCl_4, As^{+3} ও শিল্প বর্জ্যকে সম্পূর্ণভাবে অপসারণ করা সম্ভব হয়েছে। প্রভাবকের সাহায্যে পানিতে উপস্থিত দূষিত পদার্থকে বিক্রিয়ার মাধ্যমে অপসারণ ঘটানো হয়। ফলে পানি দূষণ মুক্ত হয়। আয়রন অক্সাইডের ন্যানো কণার সাহায্যে গভীর নলকূপের পানিতে উপস্থিত আর্সেনিককে অপসারণ করা হয়ে থাকে। এটি ভূগর্ভস্থ পানির মধ্যে উপস্থিত CCl_4 কে মুক্ত করে পানিকে বিশুদ্ধ করে।

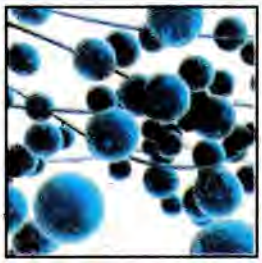
৭. **চিকিৎসা ক্ষেত্রে :** আধুনিক চিকিৎসাবিজ্ঞানে ন্যানো পার্টিক্যাল ও ন্যানো প্রযুক্তির ব্যবহার চিকিৎসা বিজ্ঞানের নতুন দ্বার উন্মোচন করেছে। ক্যানজিয়াস ক্যান্সার থেরাপিতে ন্যানোটিউব ব্যবহৃত হয়ে থাকে। ক্যান্সার কোষের চারপাশে কঠিন ন্যানোটিউবকে স্থাপন করে রেডিও তরঙ্গ দ্বারা একে সক্রিয় করা হয়। ফলে ন্যানোটিউব উত্তপ্ত হয় এবং পারিপার্শ্বস্থ কোষকে ধ্বংস করে থাকে। TiO_2 ও ZnO এর ন্যানো কণা সূর্যের আলোর UV রশ্মির প্রতিরোধক উপাদান হিসেবে বিভিন্ন প্রসাধনী ক্রীমে ব্যবহৃত হয়।

আয়রন অক্সাইড $(Fe_3O_4.Fe_2O_3)$ ন্যানোপার্টিক্যাল টিউমার ক্যান্সার নির্ণয়ে MRI মেশিনের ছবির তীব্রতা বৃদ্ধির ক্ষেত্রে সহায়ক ভূমিকা রাখে। কার্বন ন্যানোপার্টিক্যাল শরীরের ক্যান্সার কোষের সঠিক অবস্থান নির্ধারণে সহায়তা করে। আয়রন অক্সাইডের ন্যানোপার্টিক্যাল প্রোস্টেট ক্যান্সার শনাক্তকরণে ব্যবহার করা হয়। রেডিয়েশন যুক্ত বিসমাথ ন্যানোপার্টিক্যাল ব্যবহার করে টিউমার ক্যান্সার নিরাময়ের ক্ষেত্রে 90% সফলতা এসেছে। হৃৎপিণ্ডের ধমনীর

ব্লক নির্ণয়ের ক্ষেত্রে ন্যানোপার্টিক্যাল খুবই গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রাখে। বিশেষ এক ধরনের প্রোটিন দ্বারা আবৃত ন্যানোপার্টিক্যাল ধ্বংস হওয়া ধমনীতে এবং ব্লক হওয়া ধমনী পুনঃসঞ্চারণের ক্ষেত্রে বিশেষ ভূমিকা রাখে। নিকেল ন্যানোপার্টিক্যাল ও পলিমার সহযোগে কৃত্রিম চামড়া তৈরি মাধ্যমে প্লাস্টিক সার্জারিতে নতুন দিগন্তের সৃষ্টি করেছে। ক্যান্সার আক্রান্ত কোষের চারদিকে ন্যানোটিউব দ্বারা রেডিও তরঙ্গ প্রেরণের মাধ্যমে আক্রান্ত ক্যান্সার কোষকে ধ্বংস করা সম্ভব হয়েছে।


ক. কৃত্রিম পাতা তৈরিতে


খ. পানি বিশোধনে


গ. প্রসাধন শিল্পে


ঘ. রসায়ন শিল্পে


ঙ. চিকিৎসা ক্ষেত্রে

চিত্র ৫.১৭ : ন্যানোপ্রযুক্তির ব্যবহার

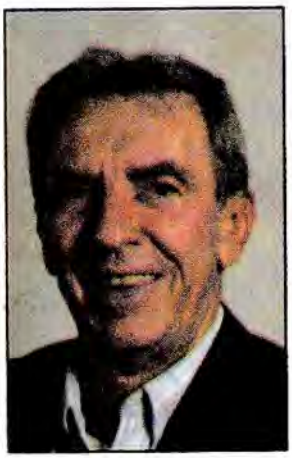
৮. **প্রসাধনী শিল্পে :** আধুনিককালে প্রসাধনী শিল্পে ন্যানোপার্টিক্যালের ব্যবহার যথেষ্ট মাত্রায় পরিলক্ষিত হয়। সাধারণ TiO_2 কেলাস আলোর UV রশ্মিকে শোষণ করে না। কিন্তু TiO_2 এর ন্যানোপার্টিক্যাল সূর্যালোকের UV রশ্মিকে শোষণ করে নেয়। এ জন্য প্রসাধনী সামগ্রিতে TiO_2 এর ন্যানোপার্টিক্যাল ব্যবহার করে ত্বককে UV রশ্মি থেকে সুরক্ষিত করা হয়। একইভাবে ZnO এর ন্যানো কণা UV রশ্মিকে শোষণ করার ক্ষমতা রাখে। ফলে প্রসাধনীতে ZnO এর ন্যানোপার্টিক্যাল যুক্ত করে ত্বককে ক্যান্সারের হাত থেকে রক্ষা করা হয়।

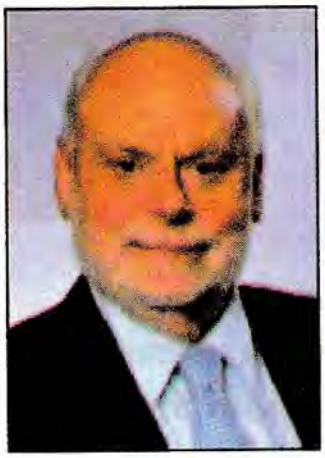
৯. **রাসায়নিক শিল্পে :** বিভিন্ন রাসায়নিক শিল্প বিশেষ করে সিরামিক, গ্লাস, রেয়ন, পেপার, প্লাস্টিক, নাইলন, ঔষধ, প্যাকেজিং ও কাঠ শিল্পে ন্যানো প্রযুক্তির ব্যবহার নতুন দ্বার উন্মোচন করেছে। ন্যানো প্রযুক্তি পণ্যে গুণগত মানের বৃদ্ধি, সম্পদের অপচয় রোধ ও দীর্ঘস্থায়ী করেছে। এ প্রযুক্তি পণ্যের উৎপাদন বৃদ্ধি করেছে। উৎপাদন ব্যয় কমিয়ে পণ্যের যোগান বৃদ্ধি করেছে। রেয়ন ও নাইলন সুতার উপর ন্যানোপার্টিক্যালের ব্যবহারের ফলে সুতার উজ্জ্বলতা ও স্থায়িত্ব বৃদ্ধি পায়। প্যাকেজিং শিল্পে অ্যালুমিনিয়াম ন্যানোপার্টিক্যালের ব্যবহার খাদ্য দ্রব্যকে সতেজ ও ব্যাকটেরিয়া মুক্ত রাখে। আয়রন ন্যানোপার্টিক্যাল ফলের জুস, চকলেট, চা, ক্যান্ডি, মিল্ক ক্যান্ডি ইত্যাদির স্বাদ দ্বিগুণ বৃদ্ধি করে। TiO_2 এর ন্যানোপার্টিক্যাল কৃত্রিমভাবে ফল পাকাতে ব্যবহৃত ইথিলিন অণুকে ধ্বংস করে। সিলিকা ন্যানোপার্টিক্যাল ফুড অ্যাডিটিভ হিসেবে ব্যবহার করা হয়।

১০. **পরিবেশ সুরক্ষায় ন্যানোপার্টিক্যাল :** পানিতে আর্সেনিকের মাত্রা সহনীয় মাত্রা অতিক্রম করলে পানি আর্সেনিক মুক্ত করা অতি জরুরি। এক্ষেত্রে আয়রন অক্সাইড ($Fe_3O_4.Fe_2O_3$) এর ন্যানোপার্টিক্যাল ব্যবহার করা হয়। ভূগর্ভস্থ পানি কার্বন টেট্রাক্লোরাইড দ্বারা কোনোভাবে দূষিত হলে আয়রন অক্সাইডের ন্যানোপার্টিক্যাল ব্যবহার করা হয়। ভূপৃষ্ঠের বায়ু জৈব দূষক দ্বারা দূষিত হলে বায়ু ফিল্টারের উপর MnO_2 এর সাথে খুব দৃঢ়ভাবে যুক্ত স্বর্ণের ন্যানোপার্টিক্যাল ব্যবহার করা হয়। কঠিন কয়লার সরাসরি দহনে গ্রিন হাউস গ্যাস, CO_2 এর সৃষ্টি হয়। এ জন্য কয়লার সাথে ন্যানোপার্টিক্যাল প্রভাবক হিসেবে ব্যবহার করে প্রথমে তরল জ্বালানি ও পরে একে গ্যাসে পরিণত করে জ্বালানি হিসেবে ব্যবহারের ফলে দূষণ মাত্রা 80% কমে যায়। ক্যাডমিয়াম সেলেনাইড দ্বারা তৈরি ন্যানোপার্টিক্যাল এর দ্বারা এক ধরনের কৃত্রিম পাতা তৈরি করা সম্ভব হয়েছে যা বৈশ্বিক উষ্ণায়ন হ্রাসের ক্ষেত্রে ভূমিকা রাখে। এটি গাছের পাতার অনুরূপ বায়ুমণ্ডলের CO_2 কে শোষণ করে এবং অক্সিজেন ত্যাগ করে। পৌর বর্জ্যের বর্জ্য পরিশোধনে ন্যানোপার্টিক্যাল কার্যকরী ভূমিকা রাখে। এক্ষেত্রে কার্বন ফাইবারের উপর নিকেলের ন্যানোপার্টিক্যাল ব্যবহার করা হয়। এছাড়া ন্যানো ফিল্টার বর্জ্য অপসারণ করে শিল্প বর্জ্যকে দূষণ মুক্ত করে। ন্যানো প্রভাবক শিল্প কারখানায় অধিক কার্যকর ও দক্ষতাসম্পন্ন প্রভাবক হিসেবে কাজ করে থাকে। উন্নত বিশ্বে প্রযুক্তি বিকাশের ক্ষেত্রে ন্যানো প্রযুক্তি আরও কয়েক ধাপ এগিয়ে। এ প্রযুক্তিকে কাজে লাগিয়ে ডিভাইস (Device) কে এমন ক্ষমতাসম্পন্ন করা সম্ভব হয়েছে যাতে করে ইলেকট্রনের পরিবর্তে **ফোটনের (Photons)** মাধ্যমে শক্তি সার্কিটে স্থানান্তরিত করা সম্ভব হয়েছে।

বিশ্ববিজ্ঞান সভায় ন্যানো প্রযুক্তির স্বীকৃতি :

বিগত 05-10-2016 তারিখে নোবেল কমিটি ন্যানোটেকনোলজি প্রযুক্তির উৎকর্ষ ও অনন্য কাজের স্বীকৃতিস্বরূপ রসায়নে তিন বিজ্ঞানীকে নোবেল পুরস্কারে ভূষিত করেছেন। তাঁরা হলেন ফ্রান্সের জ্যঁ পিয়েরে শভেজ, ইংল্যান্ডের স্যার ফ্রেজার স্টুডার্ট এবং নেদারল্যান্ডের বার্নার্ড এল ফেরিঙ্গা। ন্যানো মেশিন উদ্ভাবনে সাফল্যের স্বীকৃতি হিসেবে তাঁদেরকে এ পুরস্কার প্রদান করা হয়েছে। এ তিন বিজ্ঞানীর গবেষণার বিষয়বস্তু ছিল "আণবিক স্কেল", উদ্ভাবিত ন্যানো স্কেল (বৈদ্যুতিক স্কেল) দিয়ে একটা চুনের এক হাজার ভাগের এক ভাগ দৈর্ঘ্যের কোনো বস্তুর দৈর্ঘ্য পরিমাপ করা সম্ভব। ক্যান্সার চিকিৎসায় এটি গুরুত্বপূর্ণ অবদান রাখবে। এ আবিষ্কার ফলে মোটর গাড়ি থেকে শুরু করে মানব শরীরে প্রবেশ করানোর জন্য ন্যানো মেশিন তৈরিতে নতুন পথের সন্ধান দিয়েছেন।


জ্যঁ পিয়েরে শভেজ


স্যার ফ্রেজার স্টুডার্ট


বার্নার্ড এল ফেরিঙ্গা

সারসংক্ষেপ

গ্যাস ফিল্ড : যেখানে খনি হতে পাইপের সাহায্যে গ্যাস উত্তোলন করা হয়।

কয়লা : কয়লা একটি উৎকৃষ্টমানের জ্বালানি। কয়লার রাসায়নিক শক্তিকে তাপশক্তিতে পরিবর্তিত করা হয়ে থাকে।

সিমেন্ট : ক্যালসিয়াম ও অ্যালুমিনিয়ামের অনার্দ্র দ্বি-সিলিকেট যা পানির সাথে রাসায়নিকভাবে সংযুক্ত হয়ে শক্ত পিণ্ড গঠন করে থাকে।

কাচ : কাচ এক প্রকার স্বচ্ছ, শক্ত ও অনিয়তাকার কঠিন পদার্থ।

সিরামিক : বিশেষ গঠনে অ্যালুমিনো সিলিকেট, সিলিকা এবং Na, K, Ca, Mg প্রভৃতি ধাতুর সিলিকেট এর সমন্বয়ে গঠিত পদার্থ।

চামড়ার টেনিং : চামড়াকে পাকা করে দীর্ঘদিন আমাদের ব্যবহার উপযোগী করে তোলার প্রক্রিয়া।

ইটিপি : Effluent Trietment ptant সংক্ষেপে বর্জ্য পরিশোধন জন্য প্রবহমান প্লান্ট।

ন্যানো পার্টিকেল : শূন্য মাত্রিক অনিয়তাকার বা অর্ধস্ফটিকাকার পদার্থ যার দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও উচ্চতার মান 1 থেকে 100 nm এর মধ্যে।

অনুশীলনী ০৫ ▶ এ অধ্যায়ের নির্বাচিত প্রশ্নাবলি

সৃজনশীল প্রশ্ন (Creative Questions)

১। সামনেই ঈদ-উল-আযহা। শিল্প পাড়ায় কর্ম ব্যস্ততা ও অর্থনীতির গতিশীলতা শুরু হয়েছে। ব্যবসায়িরা বড় বড় বিদেশী অর্ডার পাচ্ছে। এখন শুধু কাঁচামাল সংগ্রহ ও তার প্রক্রিয়াজাতকরণ করা এটাই মূল উদ্দেশ্য।

ক. রিসাইকেল কী? ১

খ. পরমাণু ও ন্যানো পার্টিকেলের মধ্যে পার্থক্য লিখ। ২

গ. উদ্দীপকের কাঁচামালের শিল্প প্রক্রিয়াজাত করে ব্যবহার উপযোগী করার পদ্ধতির ব্যাখ্যা দাও। ৩

ঘ. এ শিল্প বর্জ্যের দূষকসমূহের সাথে ডাইং শিল্প বর্জ্যের দূষকসমূহের তুলনামূলক আলোচনা কর। ৪

২। মদন বেপারী হাজারীবাগে ক চিত্রের কাঁচামালের রিসাইকেলের কারখানা এবং লেদু মহাজন শ্যামপুরে খ চিত্রের রিসাইকেল কারখানা প্রতিষ্ঠা করেছেন।



ক চিত্র



খ চিত্র

ক. ন্যানো পার্টিক্যাল কী? ১

খ. বাংলাদেশে নবায়নযোগ্য জ্বালানির সম্ভাবনা উল্লেখ কর। ২

গ. উদ্দীপকের ১ম চিত্রের ফ্যাক্টরিতে আমদানিকৃত প্লাস্টিক দানা এবং ২য়টিতে নতুন মণ্ড ব্যবহার করলে পরিবেশের কী ক্ষতি হতো ব্যাখ্যা কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের ক চিত্রের শিল্প ইউনিটে রিসাইকেল হলেও এটি পরিবেশের জন্য মারাত্মক হুমকিস্বরূপ– উক্তির যথার্থতা আলোচনা কর। ৪

বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Multiple Choice Questions)

১। **পাল্প উৎপাদনে ডাইজেস্টারের সাদা লিকারে থাকে–**

ক Na_2S, NaOH, Na_2CO_3

খ Na_2SO_4, NaOH, Na_2CO_3

গ NaCl, NaOH, Na_2CO_3

ঘ Na_2S, Na_2SO_4, Na_2CO_3

২। **চামড়ার কোলাজেন প্রোটিনের সাথে কোন ধাতুটি যুক্ত হয়ে চামড়ার লিংকেজ পূর্ণ করে থাকে?**

ক Pb খ Sb গ As ঘ Cr

৩। **পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের উপাদান–**

(i) $3CaO.SiO_2$ (ii) MgO (iii) Fe_2O_3

নিচের কোনটি সঠিক?

ক (i) ও (ii) খ (ii) ও (iii)

গ (i) ও (iii) ঘ (i), (ii) ও (iii)

নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং ৪ ও ৫ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

দূষকসমূহের মধ্যে শিল্প বর্জ্যের দূষক খুবই মারাত্মক। চামড়া শিল্প বর্জ্যে মারক্যাপ্টান সালফাইড, Cr^{3+}, Cr^{4+}, কোলয়ডাল প্রোটিনসহ প্রভৃতি বর্তমান থাকে।

৪। **মারক্যাপ্টান দূষকটি কোন শিল্প বর্জ্যের অন্তর্ভুক্ত?**

(i) কাগজ (ii) ডাইং (iii) পেস্টিসাইড

নিচের কোনটি সঠিক?

ক (i) ও (ii) খ (ii) ও (iii)

গ (i) ও (iii) ঘ (i), (ii) ও (iii)

৫। **উদ্দীপকের দূষক বর্জ্যের মধ্যে কোন দূষকটি শুধুমাত্র চামড়া শিল্প থেকেই নিঃসৃত হয়?**

ক Cr^{3+} খ সালফাইড

গ Cr^{4+} ঘ কোলয়ডাল প্রোটিন

উত্তরমালা

১	ক	২	ঘ	৩	ঘ	৪	ঘ	৫	ঘ

NCTB প্রদত্ত চূড়ান্ত প্রশ্নপত্রের কাঠামো ও মানবণ্টনের আলোকে

নমুনা প্রশ্নপত্র ও উত্তরমালা

তথ্যসূত্র : www.nctb.gov.bd

জাতীয় শিক্ষাক্রম ও পাঠ্যপুস্তক বোর্ড (NCTB) কর্তৃক গৃহীত সিদ্ধান্ত অনুযায়ী ২০১৭ সাল থেকে রসায়ন দ্বিতীয় পত্রে ৫০ নম্বরের সৃজনশীল ও ২৫ নম্বরের বহুনির্বাচনি প্রশ্নপত্রে এইচএসসি পরীক্ষা অনুষ্ঠিত হবে। তাই শিক্ষার্থীদের প্রশ্নপত্র সম্পর্কে ধারণা ও প্রস্তুতি গ্রহণের সুবিধার্থে NCTB প্রদত্ত চূড়ান্ত প্রশ্নপত্রের কাঠামো ও মানবণ্টনের আলোকে বাছাইকৃত প্রশ্নের সমন্বয়ে সৃজনশীল ও বহুনির্বাচনি অংশের জন্য একটি করে নমুনা প্রশ্নপত্র নিচে প্রদত্ত হলো।

নমুনা প্রশ্নপত্র

বিষয় কোড : 1 7 7

সময়–২ ঘণ্টা ৩০ মিনিট

রসায়ন দ্বিতীয় পত্র : সৃজনশীল প্রশ্ন

পূর্ণমান–৫০

[দ্রষ্টব্য : ডান পাশের সংখ্যা প্রশ্নের পূর্ণমান জ্ঞাপক। প্রদত্ত উদ্দীপকগুলো মনোযোগ দিয়ে পড় এবং যেকোনো পাঁচটি প্রশ্নের উত্তর দাও। প্রত্যেকটি প্রশ্নের মান ১০।]

১। দুটি পাত্রের একটিতে Cl_2 এবং অপরটিতে CO_2 গ্যাস 10g করে আছে। এবার পাত্রদ্বয়ের মুখ বন্ধ করে দেওয়া হলো। হিসেবের সুবিধার জন্য পাত্র-১ কে 20 °C এবং পাত্র-২ কে 10°C তাপমাত্রায় রাখা হলো।

ক. আংশিক চাপ কী? ১

খ. মিথানল ও ইথানল পরস্পরে সমগোত্রক কেন? ২

গ. পাত্র-১ এর ক্ষেত্রে গ্যাসটির গতিশক্তি কত? ৩

ঘ. পাত্র-২ এর ভিতরকার তাপমাত্রা কত নিরূপিত হলে উভয় ক্ষেত্রে গ্যাস দুটির বর্গমূল গড় বর্গবেগ সমান হবে– গাণিতিক যুক্তিসহ লেখ। ৪

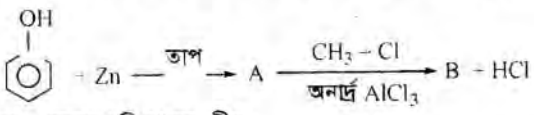
২। কার্বোক্সিলিক এসিডে সমগোত্রীয় শ্রেণি যৌগের অণুতে –COOH মূলক উপস্থিত। এ মূলকের মধ্যে আবার $>C=O$ ও – OH মূলক বর্তমান। কার্বোক্সিল মূলক যুক্ত কার্বোক্সিলিক এসিডসমূহ অম্লধর্ম প্রকাশ করে।

ক. ফারমেন্টেশন কী? ১

খ. স্টার্চ দ্রবণে আয়োডিন নীল বর্ণ ধারণ করে কেন? ২

গ. উদ্দীপকের সমগোত্রীয় শ্রেণির যৌগের অণুতে $>C=O$ মূলকের উপস্থিতি সত্ত্বেও তা কেন কেন্দ্রাকর্ষী যুত বিক্রিয়া প্রদর্শন করে না– ব্যাখ্যা কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের শেষ উক্তিটির যথার্থতা ব্যাখ্যা কর। ৪

৩। 

ক. লুকাস বিকারক কী? ১

খ. অ্যালকেনকে প্যারাফিন বলা হয় কেন? ২

গ. A যৌগের অণুতে কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনের উপস্থিতি থাকা সত্ত্বেও এটি জৈব যৌগের অসম্পৃক্ততার পরীক্ষা প্রদর্শন না করার কারণ ব্যাখ্যা কর। ৩

ঘ. "B যৌগের বলয়ের উপর প্রতিস্থাপকটির প্রভাব বিস্তার করে" – বিশ্লেষণ কর। ৪

৪। নিচের উদ্দীপকটি পর্যবেক্ষণ কর–



ক. মোল ভগ্নাংশ কী? ১

খ. মোলারিটি তাপমাত্রার ওপর নির্ভরশীল কেন? ২

গ. 'খ' পাত্রের দ্রবণের ঘনমাত্রা ppm এককে নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের 'গ' পাত্রের দ্রবণের প্রকৃতি ও মোলার ঘনমাত্রা নির্ণয় করে কারণ বিশ্লেষণ কর। ৪

৫। প্রথম শিক্ষার্থী 1.75 g নমুনা লোহাকে 100 mL H_2SO_4 দ্রবণে সম্পূর্ণ দ্রবীভূত করে এ দ্রবণের 10 mL কে টাইট্রেট করতে 0.05 M 10.5 mL $KMnO_4$ দ্রবণকে ব্যবহার করেছিল। দ্বিতীয় শিক্ষার্থী একই কাজ করতে 0.05 M 10 mL $K_2Cr_2O_7$ ব্যবহার করেছিল।

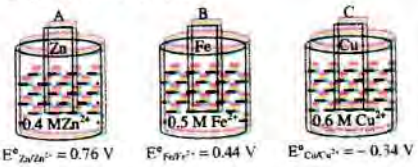
ক. দর্শক আয়ন কী? ১

খ. অ্যামোনিয়াকে লুইস ক্ষার বলা হয় কেন? ২

গ. নমুনা লোহার মধ্যে ভেজালের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. ল্যাবরেটরিতে উদ্দীপকের জারক দুটির ব্যবহারের ক্ষেত্রে তুলনামূলক আলোচনা কর। ৪

৬। নিচের উদ্দীপকটি লক্ষ কর–



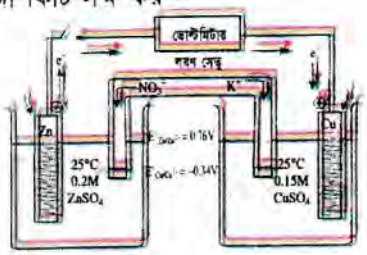
ক. ক্যাটায়ন কী? ১

খ. HCl গ্যাসের ব্যাপনের হার NH_3 গ্যাস অপেক্ষা কম কেন? ২

গ. B অর্ধকোষ থেকে C অর্ধকোষে 2 কুলম্ব বিদ্যুৎ প্রবাহিত করলে কত গ্রাম ধাতু সঞ্চিত হবে? ৩

ঘ. উদ্দীপকের কোন দুটি অর্ধকোষ দ্বারা সৃষ্ট কোষের EMF এর মান সবচেয়ে অধিক বিশ্লেষণ কর। ৪

৭। নিচের উদ্দীপকটি লক্ষ কর–



ক খ

ক. মোলারিটি কী? ১

খ. বিশুদ্ধ পানি তড়িৎ পরিবহন করে না কেন? ২

গ. উদ্দীপকের কোষটির তড়িচ্চালক বলের মান হিসাব কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের খ পাত্রটি দস্তা নির্মিত হলে কোষটি দীর্ঘ সময় সংরক্ষণের ক্ষেত্রে তোমার মতামত বিশ্লেষণ কর। ৪

৮। সামনেই ঈদ-উল-আযহা। শিল্প পাড়ায় কর্ম ব্যস্ততা ও অর্থনীতির গতিশীলতা শুরু হয়েছে। ব্যবসায়িরা বড় বড় বিদেশী অর্ডার পাচ্ছে। এখন শুধু কাঁচামাল সংগ্রহ ও তার প্রক্রিয়াজাতকরণ করা এটাই মূল উদ্দেশ্য।

ক. ন্যানো পার্টিক্যাল কী? ১

খ. সিমেন্টে জিপসাম ব্যবহার করা হয় কেন? ২

গ. উদ্দীপকের কাঁচামালের শিল্প প্রক্রিয়াজাত করে ব্যবহার উপযোগী করার পদ্ধতির ব্যাখ্যা দাও। ৩

ঘ. এ শিল্প বর্জ্যের দূষকসমূহের সাথে ডাইং শিল্প বর্জ্যের দূষকসমূহের তুলনামূলক আলোচনা কর। ৪

নমুনা প্রশ্নপত্র ও উত্তরমালা

বিষয় কোড : 1 7 7

রসায়ন দ্বিতীয় পত্র : বহুনির্বাচনি অভীক্ষা

সময়–২৫ মিনিট পূর্ণমান–২৫

[বিশেষ দ্রষ্টব্য : সরবরাহকৃত বহুনির্বাচনি অভীক্ষার উত্তরপত্রে প্রশ্নের ক্রমিক নম্বরের বিপরীতে প্রদত্ত বর্ণসংবলিত বৃত্তসমূহ হতে সঠিক/ সর্বোৎকৃষ্ট উত্তরের বৃত্তটি বল পয়েন্ট কলম দ্বারা সম্পূর্ণ ভরাট কর। প্রতিটি প্রশ্নের মান ১। প্রশ্নপত্রে কোনো প্রকার দাগ/চিহ্ন দেওয়া যাবে না।]

১. তুল্য ভরের ক্ষেত্রে কোনটি সঠিক?
i. এসিডের তুল্য ভর = এসিডের আণবিক ভর × এসিডীয় হাইড্রোজেন সংখ্যা
ii. জারকের তুল্য ভর = জারক কর্তৃক গ্রহীত ইলেকট্রন সংখ্যা/ জারকের আণবিক ভর
iii. মৌলের তুল্য ভর = মৌলের আণবিক ভর/ মৌলের যোজ্যতা
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

নিচের উদ্দীপক হতে ২ ও ৩ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

$$A + 2[H] \xrightarrow{LiAlH_4} CH_3 - CH_2 - OH$$
$$\downarrow (i)\ CH_3MgX\ ;\ (ii)\ H_2O$$
$$B$$

২. A যৌগের বৈশিষ্ট্য হলো–
i. সিফ বিকারকের বর্ণ ফিরিয়ে দেয়
ii. কেন্দ্রাকর্ষী যুত বিক্রিয়া দেয়
iii. হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া দেয় না
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

৩. B যৌগ কোনটি?
ক প্রাইমারি অ্যালকোহল খ সেকেন্ডারি অ্যালকোহল
গ টারশিয়ারি অ্যালকোহল ঘ অ্যালডিহাইড

৪. হেমোপলিমার কোনটি?
i. PVC
ii. PTFE
iii. নাইলন
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

৫. অ্যাসাইলেটিং এজেন্ট কোনটি?
ক অ্যাসেটিক অ্যানহাইড্রাইড খ মিথাইল ক্লোরাইড
গ অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ঘ টলুইন

৬. অপ্রতিসম কার্বন বিশিষ্ট যৌগ কোনটি?
ক ল্যাকটিক এসিড খ ২-মিথাইল প্রোপেন
গ বেনজিন ঘ ব্রোমো ইথানোয়িক এসিড

৭. $C_4H_{10}O$ যৌগটির অ্যালকোহলীয় সমাণু কয়টি?
ক ৩ খ ৪ গ ৫ ঘ ৬

৮. $R - X + AgCN \longrightarrow A + AgX$; A যৌগ কোনটি?
ক অ্যালকাইল সায়ানাইড খ অ্যালকাইল আইসোসায়ানাইড
গ সায়ানাইড ঘ সিলভার

নিচের উদ্দীপক থেকে ৯ ও ১০ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

$$CH_3 - COOH \xrightarrow{NaOH + CaO} A + Na_2CO_3(CaO)$$

৯. A যৌগটি হলো–
ক সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন খ অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন
গ অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন ঘ অ্যালডিহাইড

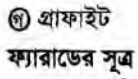
১০. বিক্রিয়াটির নাম–
ক হফম্যান ক্ষুদ্রাংশকরণ খ ডিকার্বক্সিলেশন
গ অ্যালডল ঘনীভবন ঘ ক্লিমেনসন বিজারণ

১১. .4 mol H_2S গ্যাসে কতটি H পরমাণু থাকে?
ক 4.82×10^{23} খ 2.41×10^{23}
গ 2.41×10^{21} ঘ 1.6×10^{21}

১২. কুপরিবাহী পদার্থ কোনটি?
ক চিনি খ পেট্রোল
গ গ্রাফাইট ঘ দস্তা

১৩. ফ্যারাডের সূত্র অনুসারে সঞ্চিত পদার্থের পরিমাণ প্রবাহিত বিদ্যুতের–
ক ব্যস্তানুপাতিক খ সমানুপাতিক
গ সমান ঘ বর্গের সমানুপাতিক

১৪. 1 mol $Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow Cr^{3+}$ বিক্রিয়ার জন্য কি পরিমাণ বিদ্যুৎ প্রয়োজন?
ক 96500 C খ 144750 C
গ 2.89×10^5 C ঘ 5.79×10^5 C

১৫.  + RCOCl $\xrightarrow[AlCl_3]{\text{অনার্দ্র}}$ বিক্রিয়াটি–
ক কার্বিল অ্যামিন খ রাইমার-টাইম্যান
গ ফ্রিডেল-ক্রাফট ঘ কোব

১৬. বাংলাদেশে কয়লার পরিমাণ?
ক 3.0 বিলিয়ন মেট্রিক টন খ 30.0 বিলিয়ন মেট্রিক টন
গ 5.0 বিলিয়ন মেট্রিক টন ঘ 3.0 মিলিয়ন মেট্রিক টন

১৭. সবচেয়ে উত্তম কোষ হবে কোন ক্ষেত্রে?
ক অ্যানোড A এবং ক্যাথোড D খ অ্যানোড A এবং ক্যাথোড B
গ অ্যানোড B এবং ক্যাথোড D ঘ অ্যানোড C এবং ক্যাথোড A

১৮. প্রোটন এক্সচেঞ্জ মেমব্রেন ফুয়েল সেলে তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোনটি?
ক কস্টিক পটাশ খ ফসফরিক এসিড
গ পলিমার মেমব্রেন ঘ পারফ্লুরো সালফোনিক এসিড

১৯. নিচের কোন বিক্রিয়া জারণ-বিজারণ?
i. $CuSO_4 + KI \rightarrow Cu_2I_2 + K_2SO_4 + I_2$
ii. $NaOH + Cl_2 \rightarrow NaCl + NaOCl + H_2O$
iii. $CuSO_4 + K_4[Fe(CN)_6] \longrightarrow Cu_2[Fe(CN)_6] + K_2SO_4$
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

২০. 0.25 গ্রাম অনার্দ্র ফেরাস সালফেটকে সম্পূর্ণরূপে জারিত করতে 0.02 M ঘনমাত্রায় অম্লীয় $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণের কত মিলি. প্রয়োজন হবে?
ক 11.23 খ 13.71
গ 15.31 ঘ 17.13

২১. প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ কোনটি?
ক সালফিউরিক এসিড খ সোডিয়াম থায়োসালফেট
গ বোরাক্স ঘ কস্টিক সোডা

২২. 0.65 N, 13.91 g NH_4Cl দ্রবণের আয়তন কত?
ক ৪০০ মিলি. খ ৬০০ মিলি.
গ ৮০০ মিলি. ঘ ১০০০ মিলি.

২৩. হাইড্রোজেন ফুয়েল সেলে প্রভাবক হিসেবে ব্যবহৃত হয় কোনটি?
ক প্লাটিনাম খ কার্বন
গ সিলিকন ঘ অ্যালুমিনিয়াম

২৪. ট্রপোস্ফিয়ারে বায়ু দূষণের প্রধান কারণ–
i. জীবাশ্ম জ্বালানি দহনে উৎপন্ন দূষক গ্যাস
ii. PAN
iii. ClO.
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

২৫. কিউমিন হতে ফেনল সংশ্লেষণে প্রভাবক হিসেবে ব্যবহৃত হয়–
ক Co খ Ni গ Cu ঘ Pt

উত্তরমালা

১	খ	২	ক	৩	খ	৪	ক	৫	ক	৬	ক	৭	ক	৮	খ	৯	ক	১০	খ	১১	ক	১২	ক	১৩	খ
১৪	ঘ	১৫	গ	১৬	ক	১৭	ক	১৮	গ	১৯	ক	২০	খ	২১	গ	২২	ক	২৩	ক	২৪	ঘ	২৫	ক		

বোর্ড প্রশ্নপত্র ও উত্তরমালা

সৃজনশীল ও বহুনির্বাচনি এইচএসসি পরীক্ষা ২০১৬-এর প্রশ্নপত্র ও উত্তরমালা

ঢাকা বোর্ড, ২০১৬

রসায়ন দ্বিতীয় পত্র

বিষয় কোড : 1 7 7

সময়–২ ঘণ্টা ১০ মিনিট

সৃজনশীল প্রশ্ন

পূর্ণমান–৪০

[**দ্রষ্টব্য :** ডান পাশের সংখ্যা প্রশ্নের পূর্ণমান জ্ঞাপক। নিচের উদ্দীপকগুলো মনোযোগ দিয়ে পড় এবং সংশ্লিষ্ট প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও। যে কোনো **চারটি** প্রশ্নের উত্তর দিতে হবে।]

১। একটি গ্যাস 0°C তাপমাত্রায় বিভিন্ন অবস্থায় চাপ ও আয়তন নিম্নরূপ :

চাপ (atm)	0.25	0.50	0.75
আয়তন (L)	2.80	1.40	0.93

ক. TDS কী? ১

খ. বাস্তব গ্যাসের চাপ আদর্শ গ্যাসের চাপ অপেক্ষা কম কেন? ২

গ. উদ্দীপকের গ্যাসটির অণুর সংখ্যা নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের গ্যাসটি কি বয়েলের সূত্র অনুসরণ করবে? যুক্তিসহ ব্যাখ্যা কর। ৪

২।

$$C_2H_6O \xrightarrow[(A)]{\substack{Na \\ PCl_5}} \begin{matrix} B + H_2 \\ C + HCl \end{matrix}$$

$$HCl + NH_3 \rightarrow NH_4Cl \text{ (সাদা ধোঁয়া)}$$

ক. লুকাস বিকার কী? ১

খ. $K_2Cr_2O_7$ যৌগে Cr-এর জারণ সংখ্যা নির্ণয় কর। ২

গ. B এবং C যৌগটি চিহ্নিত কর এবং C যৌগ থেকে কিভাবে অ্যালকিন পাওয়া যায় তা বিক্রিয়াসহ উল্লেখ কর। ৩

ঘ. A যৌগের সমাণুদ্বয়ের মধ্যে কোনটির পোলারিটি কম? যুক্তি প্রতিষ্ঠিত কর। ৪

৩।

নমুনা (A) লোহা → লঘু H_2SO_4 এ দ্রবীভূতকরণ → $KMnO_4$ দ্বারা সম্পূর্ণ জারিতকরণ

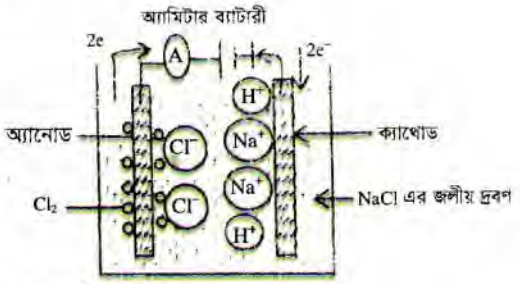
ক. তড়িদদ্বার কী? ১

খ. SI এককে R এর মান নির্ণয় কর। ২

গ. উদ্দীপকের বিক্রিয়ার জারণ-বিজারণ সমতা বিধান কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের $KMnO_4$ এর স্থলে $K_2Cr_2O_7$ ব্যবহার করে কিভাবে আয়রনের পরিমাণ নির্ণয় করা যায়? ব্যাখ্যা কর। ৪

৪।



ক. হেক্সামিন কী? ১

খ. $CHCl_3$ কে বাদামী রঙিন বোতলে রাখা হয় কেন? ২

গ. উদ্দীপকে $CaCl_2$ ব্যবহার করা হলে কি কি উৎপন্ন হতো? কোষ বিক্রিয়ার মাধ্যমে দেখাও। ৩

ঘ. উদ্দীপকের দ্রবণে যে ক্ষার উৎপন্ন হয় তার মূলনীতি লিখ এবং তড়িৎকোষে কোন ধরনের রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্পন্ন হয়েছে তা বিশ্লেষণ কর। ৪

৫। প্রাকৃতিক গ্যাস → H_2 $\xrightarrow{N_2}$ X $\xrightarrow{CO_2}$ ইউরিয়া

ক. লবণ সেতু কী? ১

খ. গ্লুকোজ পানিতে দ্রবণীয় কেন? ২

গ. ইউরিয়া উৎপাদনের মূলনীতি সমীকরণসহ লিখ। ৩

ঘ. উদ্দীপকের X যৌগটির সর্বোচ্চ পরিমাণ উৎপাদনের জন্য নিয়ামকসমূহের প্রভাব আলোচনা কর। ৪

৬।

বিকারক	X যৌগ	Y যৌগ
Na	বিক্রিয়া করে না	বিক্রিয়া করে
NaOH	বিক্রিয়া করে	বিক্রিয়া করে

X ও Y উভয় যৌগ এক কার্বনবিশিষ্ট অ্যালকোহলের জারণে উৎপন্ন হয়।

ক. প্যারাফিন কী? ১

খ. পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের সংযুক্তি দেখাও। ২

গ. Y যৌগের কার্যকরী মূলক কিরূপে শনাক্ত করবে? সমীকরণসহ বর্ণনা কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের X যৌগটির গাঢ় NaOH ও I_2 সহ উত্তপ্ত করলে বিক্রিয়া করে না। কিন্তু একই সমগোত্রীয় শ্রেণির পরবর্তী যৌগটি তা করে কেন? ব্যাখ্যা কর। ৪

বহুনির্বাচনি অভীক্ষা

সময়–৩৫ মিনিট

পূর্ণমান–৩৫

[**বিশেষ দ্রষ্টব্য :** সরবরাহকৃত বহুনির্বাচনি অভীক্ষার উত্তরপত্রে প্রশ্নের ক্রমিক নম্বরের বিপরীতে প্রদত্ত বর্ণসম্বলিত বৃত্তসমূহ হতে সঠিক/সর্বোৎকৃষ্ট উত্তরের বৃত্তটি বল পয়েন্ট কলম দ্বারা সম্পূর্ণ ভরাট কর। প্রতিটি প্রশ্নের মান ১।]

১. **27 g Al জমা করতে কি পরিমাণ বিদ্যুৎ লাগবে?**

ক 1 F খ 3 F গ 13.5 F ঘ 27 F

২. **ক্যালোমেল তড়িদদ্বারে কোনটি ব্যবহৃত হয়?**

ক $HgCl_2$ খ Hg_2Cl_2

গ MnO_2 ঘ NH_4Cl

৩. $2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2C_2O_4 \rightarrow 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 10CO_2$ **বিক্রিয়াটিতে–**

i. 2 অণু $KMnO_4$ 10 টি ইলেকট্রন গ্রহণ করেছে

ii. $H_2C_2O_4$ এ C এর জারণ মান = + 3

iii. H_2SO_4 একটি তীব্র জারক

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i খ i ও ii গ i ও iii ঘ ii ও iii

৪. **দুটি পেপটাইড বন্ধন কোন বন্ধন দ্বারা যুক্ত?**

ক গ্লাইকোসাইড খ হাইড্রোজেন

গ পেপটাইড ঘ সমযোজী

৫. কপার ও জিঙ্ক এর প্রমাণ বিজারণ বিভব যথাক্রমে + ০.৩৪ ভোল্ট ও − ০.৭৬ ভোল্ট হলে কোনগুলো সত্য?
i. কপার জিঙ্কের চেয়ে শক্তিশালী জারক
ii. কপার সালফেট দ্রবণে জিঙ্ক যোগ করলে কপার অধঃক্ষিপ্ত হবে
iii. কোষে জিঙ্ক অ্যানোড হিসেবে কাজ করে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

৬. লুইস অম্লের একটি উদাহরণ হলো—
ক $AlCl_3$ খ H_2SO_4
গ H_2O ঘ NH_3

৭. নিম্নের কোনটি কাচ?
ক $K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$
খ $K_2SO_4.Al_2(SO_4)_3.24H_2O$
গ $CaCO_3 + MgCO_3$
ঘ $Na_2O.CaO(a + b)\ SiO_2$

৮. মন্ড প্রস্তুতির জন্য কোনটি কুকিং লিকার হিসাবে ব্যবহৃত হয়?
ক $Na_2S + NaOH$ খ $Ca(OCl)Cl$
গ $Ca(OH)_2$ ঘ $CaO + Na_2O$

৯. 1.032 g অক্সিজেন ও 0.573 g কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাস মিশ্রণে কার্বন ডাইঅক্সাইডের মোল ভগ্নাংশ কত?
ক 0.713 খ 0.8323
গ 0.287 ঘ 0.1677

১০. কোন সমীকরণটি সঠিক নয়?
ক $Ek = \frac{3}{2}PV$ খ $Ek = \frac{2}{3}RT$
গ $Ek = \frac{1}{2}mc^3$ ঘ $Ek = \frac{3}{2}\frac{RT}{M}$

১১. কোনটিতে দুটি কাইরাল কার্বন আছে?
ক 2-হাইড্রক্সি প্রোপানয়িক এসিড
খ বিউটেন-2, 3-ডাই-অল
গ 2-মিথাইল প্রোপানল-2
ঘ বিউটানল-2

১২. জ্যামিতিক সমাণুতার ক্ষেত্রে—
i. দ্বি-বন্ধনযুক্ত যৌগ হতে হবে
ii. পরস্পর এনানসিওমার
iii. উভয়ই টক দধিতে পাওয়া যায়
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

১৩. 3×10^{-4} M Cu^{2+} দ্রবণ = কত ppm?
ক 19.05 খ 0.01905
গ 3×10^{-7} ঘ 0.30

১৪. $E_{Zn/Zn^{2+}} = +0.76$ V এবং $E_{Ag/Ag^+} = -0.799$ V. তড়িৎ কোষটির মোট বিভব কত?
ক 1.559 V খ 1.459 V
গ 1.669 V ঘ 2.559 V

১৫. Pt, H_2/H^+ এর সাথে কোনটি অ্যানোড হিসাবে উপযুক্ত?
ক Zn^{2+}/Zn খ Ag^+/Ag
গ Cu^{2+}/Cu ঘ Hg_2^{2+}/Hg

১৬. মোলার শোষণ সহগ এর একক কোনটি?
ক $L\ mol^{-1}\ cm^{-1}$ খ $mol\ L^{-1}\ cm^{-1}$
গ $L\ mol^{-1}\ m^{-1}$ ঘ $L\ mol\ cm^{-1}$

১৭. কোনটি জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া?
ক $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$
খ $2H_2S + SO_2 \rightarrow 2H_2O + 3S$
গ $HF + KOH \rightarrow KF + H_2O$
ঘ $NaCl + AgNO_3 \rightarrow NaNO_3 + AgCl$

১৮. সিমেন্ট উৎপাদনে কোন ক্যালকারিয়াস জাতীয় পদার্থ ব্যবহৃত হয়?
ক চুনাপাথর খ সিমেন্ট রক
গ কাদামাটি ঘ স্লেট পাথর

১৯. কোনটি প্রাইমারি নির্দেশক তড়িদ্দ্বার?
ক ক্যালোমেল খ গ্যাস তড়িদ্দ্বার
গ হাইড্রোজেন ঘ জারণ-বিজারণ

২০. অ্যাক্রোলিন পরীক্ষা দ্বারা কোনটি শনাক্ত করা যায়?
ক ইথানল খ ইথানয়িক এসিড
গ গ্লিসারিন ঘ গ্লুকোজ

২১. কোনটি জারক ও বিজারক উভয়রূপে কাজ করে?
ক KI খ $H_2C_2O_4$
গ $Na_2S_2O_3$ ঘ H_2O_2

২২. আলোক সক্রিয় কিন্তু একে অপরের দর্পণ প্রতিবিম্ব নয়; এরূপ যৌগকে কি বলে?
ক ডায়াস্টেরিওমার খ মেসো যৌগ
গ রেসিমিক মিশ্রণ ঘ এনানসিওমার

২৩. কার্বনিল মূলকে কার্বন পরমাণুতে কোন হাইব্রিডাইজেশন আছে?
ক sp খ sp^2
গ sp^3 ঘ sp^3d

নিচের উদ্দীপক অনুসারে ২৪ ও ২৫নং প্রশ্নের উত্তর দাও :
কক্ষ তাপমাত্রায় সমআয়তনবিশিষ্ট চারটি ফ্লাস্কে যথাক্রমে He, Ne, Ar ও Kr গ্যাস আছে। প্রতি ফ্লাস্কে গ্যাসের চাপ সমান।

২৪. কোন ফ্লাস্কে গ্যাসের ঘনত্ব সবচেয়ে বেশি?
ক ১ম খ ২য়
গ ৩য় ঘ ৪র্থ

২৫. কোন ফ্লাস্কে সবচেয়ে বেশি সংখ্যক পরমাণু থাকবে?
ক ১ম খ ২য়
গ ৩য় ঘ সব ফ্লাস্কে সমান

২৬. কোন জাতীয় বর্জ্যের জন্য ইটিপি ব্যবহৃত হয়?
ক ধুলা খ কঠিন
গ তরল ঘ গ্যাসীয়

২৭. সিমেন্টের কোন উপাদান এর দ্রুত জমাট বাঁধার জন্য দায়ী?
ক $CaO.SiO_2$ খ $CaO.Al_2O_3$
গ $CaO.Fe_2O_3$ ঘ Al_2O_3

২৮. 25° C তাপমাত্রায় কোন গ্যাসের ক্ষেত্রে চাপ 1 atm হলে $\frac{1}{V}$ এর মান 0.05 L হয়। $\frac{1}{V}$ এর মান 0.042 L হলে চাপ এর মান কত?
ক 0.05 atm খ 20 atm
গ 0.035 atm ঘ 0.84 atm

২৯. স্থির তাপমাত্রায় rms বেগের সঠিক ক্রম কোনটি?
ক $H_2 > N_2 > CO_2$ খ $CO_2 > N_2 > H_2$
গ $N_2 > CO_2 > H_2$ ঘ $N_2 > H_2 > CO_2$

৩০. SATP তে কোনো গ্যাসের মোলার আয়তন কত?
ক 22.4 L খ 42.2 L
গ 74.4 L ঘ 24.789 L

৩১. কোনটি অপ্রতিসম অ্যালকিন?
ক $CH_2 = CH_2$
খ $CH_3 - CH = CH - CH_3$
গ $CH_2 = CH - CH_3$
ঘ $ClCH = CHCl$

৩২. বেনজিনে কার্বন-কার্বন দৈর্ঘ্য কত?
ক 1.30Å খ 1.33Å
গ 1.39Å ঘ 1.54Å

৩৩. সমআয়তনের NaOH এবং H_2SO_4 দ্রবণের প্রকৃতি কী হবে?
ক উভধর্মী খ নিরপেক্ষ
গ অম্লীয় ঘ ক্ষারীয়

৩৪. $LiAlH_4$ যৌগে হাইড্রোজেনের জারণ মান কত?
ক + 1 খ − 1
গ + 2 ঘ + 3

৩৫. কোনটি জারণ-বিজারণ অর্ধকোষ?
ক Pt, Cl_2/Cl^-
খ Ag, AgCl(s)/Cl^-
গ Na–Hg/Na^+
ঘ Pt/Fe^{2+}, Fe^{3+}

উত্তরমালা

১	খ	২	খ	৩	খ	৪	খ	৫	ঘ	৬	ক	৭	ঘ	৮	ক	৯	গ	১০	খ	১১	খ	১২	ক	১৩	ক	১৪	ক	১৫	ক	১৬	ক	১৭	খ	১৮	ক
১৯	গ	২০	গ	২১	ঘ	২২	ক	২৩	খ	২৪	ঘ	২৫	ঘ	২৬	গ	২৭	খ	২৮	ঘ	২৯	ক	৩০	ঘ	৩১	গ	৩২	গ	৩৩	গ	৩৪	খ	৩৫	ঘ		

রাজশাহী বোর্ড, ২০১৬

রসায়ন দ্বিতীয় পত্র

বিষয় কোড : 1 7 7

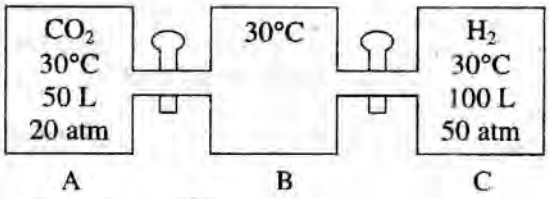
সময়–২ ঘণ্টা ১০ মিনিট

সৃজনশীল প্রশ্ন

পূর্ণমান–৪০

[**দ্রষ্টব্য :** ডান পাশের সংখ্যা প্রশ্নের পূর্ণমান জ্ঞাপক। নিচের উদ্দীপকগুলো মনোযোগ দিয়ে পড় এবং সংশ্লিষ্ট প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও। যে কোনো **চারটি** প্রশ্নের উত্তর দিতে হবে।]

১।



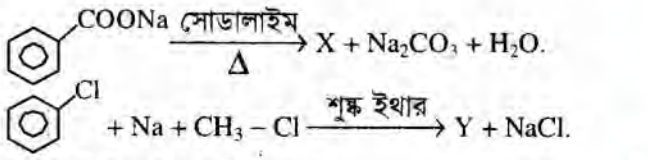
ক. মোল ভগ্নাংশ কী? ১

খ. C_3H_6O টটোমারিজম ধর্ম প্রদর্শন করে–ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকের C পাত্রের গ্যাসটির অণুসংখ্যা নির্ণয় কর। ৩

ঘ. স্টপকর্ক খুলে দেওয়া হলে B পাত্রে মোট চাপে কোনটির বেশি প্রাধান্য থাকবে? গাণিতিকভাবে প্রমাণ কর। ৪

২।



ক. রেসিমিক মিশ্রণ কী? ১

খ. $AlCl_3$ একটি অম্ল–ব্যাখ্যা কর। ২

গ. X থেকে গ্লাই-অক্সাল প্রস্তুত কর। ৩

ঘ. ফ্রিডেল ক্রাফট অ্যালকাইলেশন বিক্রিয়ায় X এবং Y এর মধ্যে কোনটি বেশি সক্রিয়? ব্যাখ্যা কর। ৪

৩। 60 mL ডেসিমোলার $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা লঘু H_2SO_4 দ্রবণে নিমজ্জিত এক টুকরা লৌহকে প্রশমিত করা হলো।

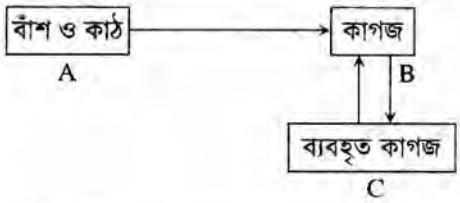
ক. কাইরাল কার্বন কী? ১

খ. Zn এর বিজারণ বিভবের – 0.76 V বলতে কী বোঝ? ২

গ. লৌহের ভর নির্ণয় কর। ৩

ঘ. জারক হিসাবে $K_2Cr_2O_7$ ব্যবহার করলে ইলেকট্রন স্থানান্তর অর্ধ-বিক্রিয়াসহ দেখাও। ৪

৪।



ক. ppm কী? ১

খ. 96 গ্রাম O_2 এর জন্য ভ্যানডার ওয়ালস সমীকরণ লেখ। ২

গ. A থেকে B প্রস্তুতির পদ্ধতি বর্ণনা কর। ৩

ঘ. C থেকে কিভাবে B পুনরুদ্ধার করা যায় তার বর্ণনা দাও। ৪

৫। $Al(s), Al^{3+}(aq) \| Sn^{2+}(aq), Sn(s)$.

$E_0Al^{3+}/Al = -1.66(V)$ এবং $E_0^{Sn^{2+}/Sn} = -0.14(V)$.

ক. চার্লসের সূত্র কী? ১

খ. $HClO_4$-এ কেন্দ্রীয় পরমাণুর জারণ মান বের কর। ২

গ. Sn^{2+} এর ঘনমাত্রা 0.15M এবং Al^{3+}-এর ঘনমাত্রা 0.25M হলে কোষটির তড়িচ্চালক বল নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের কোষের তড়িৎ পরিবহনের কৌশল বর্ণনা কর। ৪

৬। 300°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত Cu প্রভাবকের উপর দিয়ে A, B, C তিনটি জৈব যৌগ চালনা করলে যথাক্রমে ইথান্যাল, প্রোপানোন এবং 2-মিথাইল প্রোটিন-এ পরিণত হয়।

ক. RMS বেগ কী? ১

খ. $K_2Cr_2O_7$ জারক পদার্থ–ব্যাখ্যা কর। ২

গ. C যৌগটি গ্রিগনার্ড বিকারক থেকে তৈরি কর। ৩

ঘ. A এবং B এর উৎপাদের কোনটি নিউক্লিফিলিক সংযোজন বিক্রিয়া বেশি প্রদান করে তার কৌশল বর্ণনা কর। ৪

বহুনির্বাচনি অভীক্ষা

সময়–৩৫ মিনিট

পূর্ণমান–৩৫

[**বিশেষ দ্রষ্টব্য :** সরবরাহকৃত বহুনির্বাচনি অভীক্ষার উত্তরপত্রে প্রশ্নের ক্রমিক নম্বরের বিপরীতে প্রদত্ত বর্ণসম্বলিত বৃত্তসমূহ হতে সঠিক/সর্বোৎকৃষ্ট উত্তরের বৃত্তটি বল পয়েন্ট কলম দ্বারা সম্পূর্ণ ভরাট কর। প্রতিটি প্রশ্নের মান ১।]

১. **টটোমারিতা প্রদর্শন করে কোন যৌগটি?**
ক প্রোপানোন
খ প্রোপিন
গ প্রোপানল
ঘ প্রোপানয়িক এসিড

২. **$R - X + RONa \xrightarrow{\Delta} ROR + NaX$. এই বিক্রিয়ার নাম–**
ক উর্টজ বিক্রিয়া খ গ্রীগনার্ড বিক্রিয়া
গ উইলিয়ামসন বিক্রিয়া
ঘ ফ্রিডেল-ক্রাফট বিক্রিয়া

৩. **0.212 g Na_2CO_3-এর 20 mL দ্রবণের শক্তিমাত্রা কত হবে?**
ক 1.0M
খ 0.01M
গ 0.001M
ঘ 0.1M

৪. NH_3 যৌগটি হলো একটি–
i. ইলেকট্রোফাইল
ii. লুইস ক্ষারক
iii. ক্ষারকধর্মী গ্যাস
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

৫. 4.0 g হাইড্রোজেনের জন্য বাস্তব গ্যাসের সমীকরণ হবে–
ক $\left(P+\frac{4a}{V^2}\right)(V-4b)=4RT$
খ $\left(P+\frac{16a}{V^2}\right)(V-16b)=4RT$
গ $P=\frac{2RT}{(V-2b)}-\frac{4a}{V^2}$
ঘ $\left(P+\frac{4a}{V^2}\right)(V-2b)=2RT$

৬. কোনটি প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ?
ক HCl খ H_2SO_4
গ $K_2Cr_2O_7$ ঘ $KMnO_4$

৭. একটি পুকুরের পানির DO মান 4.0, পানিটি হলো–
ক বিশুদ্ধ পানি খ দূষিত পানি
গ মৃদু পানি ঘ খর পানি

৮. কোনটি প্রাইমারী নির্দেশক তড়িৎদ্বার?
ক ক্যালোমেল তড়িদ্দ্বার
খ Ag/AgCl তড়িদ্দ্বার
গ Zn তড়িদ্দ্বার
ঘ হাইড্রোজেন গ্যাস তড়িদ্দ্বার

৯. S_N1-বিক্রিয়ার জন্য প্রযোজ্য–
i. ১ ধাপে ঘটে
ii. সক্রিয়তার জন্য $3^\circ > 2^\circ > 1^\circ > CH_3X$
iii. অবস্থান্তর অবস্থা সৃষ্টি হয় না
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

নিচের উদ্দীপকটি হতে ১০ ও ১১নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

কোষ বিক্রিয়া : $H_2(g) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow 2H^+(aq) + Cu(s)$; $E^0_{\text{কোষ}} = 0.34$ V

১০. উদ্দীপক কোষে অ্যানোডের জারণ বিক্রিয়া কোনটি?
ক $2H^+ + 2e^- = H_2$ খ $Cu = Cu^{2+} + 2e^-$
গ $H_2 = 2H^+ + 2e^-$ ঘ $Cu^{2+} + 2e^- = Cu$

১১. $E^0_{Cu/Cu^{2+}}$ তড়িদ্দ্বারের বিভব মান কত?
ক 0.34 V খ – 0.34 V
গ 0.17 V ঘ –0.17 V

১২. নিম্নের কোনটি সিরামিক উৎপাদনের প্রধান কাঁচামাল?
ক SiO_2 খ Na_2CO_3
গ Fe_2O_3 ঘ $NaNO_3$

১৩. ইউরিয়া সারে নাইট্রোজেনের শতকরা পরিমাণ হলো–
ক ৪২% খ ৪৩% গ ৪৬% ঘ ৪৮%

১৪. ন্যানো অবস্থায় পদার্থের অপটিক্যাল, চুম্বকীয় ধর্ম পরিবর্তনের কারণ কোনটি?
ক কণার ভর
খ কণার তলের ক্ষেত্রফল
গ কণার আয়তন
ঘ কণার ভৌত অবস্থা

১৫. স্থির উষ্ণতায়, গ্যাসের চাপ বাড়ালে ঘনত্বের মান–
ক বাড়ে খ কমে
গ শূন্য হয় ঘ অপরিবর্তিত থাকে

১৬. বিভিন্ন শিল্প কারখানার বর্জ্য; যেমন–
i. চামড়া শিল্প হতে Cr^{6+}
ii. ইউরিয়া সার শিল্প হতে Hg^{2+}
iii. ব্যাটারি তৈরির কারখানা হতে Pb^{2+}
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

১৭. $ZnSO_4$ দ্রবণে 1.0 C চার্জ প্রবাহিত করলে অ্যানোডে দ্রবীভূত জিঙ্কের পরিমাণ কত হবে?
ক 34.7 g খ 0.0034 g
গ 32.7 g ঘ 0.0348 g

১৮. উপাদানের উপর ভিত্তি করে প্রাকৃতিক গ্যাসের প্রকারভেদ কিরূপ?
ক শুষ্ক ও আর্দ্র খ তরল ও বায়বীয়
গ হাল্কা ও ভারী ঘ তরল ও শুষ্ক

১৯. মৃদু এসিড ও সবল ক্ষারের টাইট্রেশনে ব্যবহৃত নির্দেশক–
ক লিটমাস খ ফেনলফথ্যালিন
গ মিথাইল অরেঞ্জ ঘ মিথাইল রেড

নিচের উদ্দীপক হতে ২০ ও ২১নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

$C_6H_5 - COONa \xrightarrow[\Delta]{\text{সোডালাইম}} A + Na_2CO_3$ A +

$CH_3CH_2CH_2Cl \xrightarrow[\Delta]{\text{অনার্দ্র } AlCl_3} B + HCl$

২০. A- যৌগটি হলো–
ক $C_6H_5 - COOH$ খ $C_6H_5 - CH_3$
গ C_6H_6 ঘ $C_6H_5 - OH$

২১. নিচের কোনটি উৎপাদ B-এর নাম?
ক n-প্রোপাইল বেনজিন
খ iso-প্রোপাইল বেনজিন
গ ইথাইল বেনজিন ঘ মিথাইল বেনজিন

২২. ব্যাপন হারের সাথে সম্পর্ক বিদ্যমান–
ক তুল্য ভরের খ পারমাণবিক ভরের
গ আণবিক ভরের ঘ গ্রাম পারমাণবিক ভরের

২৩. প্রমাণ দ্রবণ কোনটি?
ক 1.0M H_2SO_4 খ 1.0 g H_2SO_4
গ 1.0 mL H_2SO_4 ঘ 1.0 mol H_2SO_4

২৪. চিনি ও গ্লুকোজ হলো–
ক তড়িৎ বিশ্লেষ্য
খ ইলেকট্রনীয় পরিবাহী
গ তড়িৎঅবিশ্লেষ্য
ঘ অধাতব পরিবাহী

২৫. নিম্নমানের কয়লা কোনটি?
ক লিগনাইট খ পিট
গ বিটুমিনাস ঘ অ্যানথ্রাসাইট

২৬. সিরামিক সামগ্রীতে লেড অক্সাইড কি হিসাবে ব্যবহৃত হয়?
ক বিগালক খ গ্লেজিং পদার্থ
গ বন্ধনকারক ঘ যান্ত্রিকশক্তি বৃদ্ধিকারক

২৭. ভ্যান্ডার ওয়ালস সমীকরণের ধ্রুবক 'a' দ্বারা বুঝায়–
ক গ্যাসের গতিশক্তি খ আন্তঃআণবিক আকর্ষণ
গ গ্যাসের আয়তন ঘ আন্তঃআণবিক বিকর্ষণ

২৮. দ্রবণের মোলারিটি কোনটি?
ক $\frac{N}{V}$ খ mol/kg
গ g/L ঘ mol/L

২৯. $S_4O_6^{2-}$ আয়নে S-এর জারণ মান হলো–
ক +2.0 খ +2.5 গ +3.0 ঘ +3.5

৩০. কোনটি পরম শূন্য তাপমাত্রা?
ক 0° C খ – 273° C
গ 25° C ঘ 273 K

৩১. বাংলাদেশের মিঠা পানির প্রধান উৎস কোনটি?
ক সমুদ্রের পানি খ ভূগর্ভস্থ পানি
গ নদীর পানি ঘ পুকুরের পানি

৩২. কার্বিল অ্যামিন বিক্রিয়া দ্বারা শনাক্ত করা হয়–
i. প্রাইমারি অ্যালিফ্যাটিক অ্যামিন
ii. প্রাইমারি অ্যারোমেটিক অ্যামিন
iii. ফেনল
নিচের কোনটি সঠিক?
ক ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

৩৩. ডাল্টনের আংশিক চাপ সূত্র কার্যকর হবে–
i. উচ্চচাপে
ii. নিম্নচাপে
iii. স্থির তাপমাত্রায়
নিচের কোনটি সঠিক?
ক ii খ i ও iii
গ iii ঘ i, ii ও iii

৩৪. বিয়ার-ল্যাম্বার্ট সূত্রের সাথে সম্পর্কিত–
i. একবর্ণীয় আলো
ii. দ্রবণের ঘনমাত্রা
iii. দ্রবণের তাপমাত্রা
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

৩৫. $CH_3 - CH_2 - O - CH_2 - CH_3$ যৌগটির নাম–
i. ইথার
ii. ডাইইথাইল ইথার
iii. ইথক্সি ইথেন
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

উত্তরমালা

১	ক	২	গ	৩	ঘ	৪	খ	৫	ঘ	৬	গ	৭	ক	৮	ঘ	৯	গ	১০	গ	১১	ক	১২	ক	১৩	গ	১৪	খ	১৫	ক	১৬	গ	১৭	খ	১৮	ক
১৯	খ	২০	গ	২১	ক	২২	গ	২৩	ক	২৪	গ	২৫	খ	২৬	খ	২৭	খ	২৮	ঘ	২৯	খ	৩০	খ	৩১	খ	৩২	ক	৩৩	গ	৩৪	ক	৩৫	ঘ		

যশোর বোর্ড, ২০১৬

রসায়ন দ্বিতীয় পত্র

বিষয় কোড : 1 7 7

সময়–২ ঘণ্টা ১০ মিনিট

সৃজনশীল প্রশ্ন

পূর্ণমান–৪০

[**দ্রষ্টব্য :** ডান পাশের সংখ্যা প্রশ্নের পূর্ণমান জ্ঞাপক। নিচের উদ্দীপকগুলো মনোযোগ দিয়ে পড় এবং সংশ্লিষ্ট প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও। যে কোনো **চারটি** প্রশ্নের উত্তর দিতে হবে।]

১। $D \xleftarrow[\text{তীব্রতা জারণ}]{[O]} C \xleftarrow[\text{জলীয়}]{KOH} \boxed{CH_3I} \xrightarrow{KCN} A \xrightarrow[H^+]{H_2O} B$

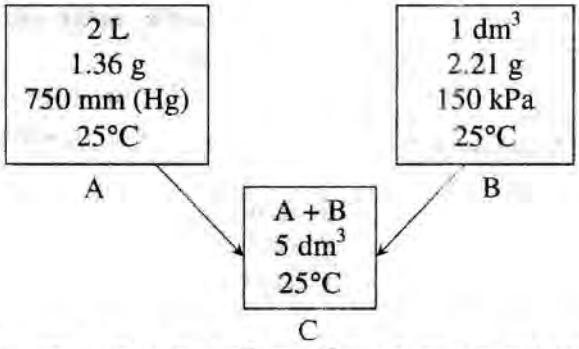
ক. রেসিমিক মিশ্রণ কী? ১

খ. অ্যালকোহল পানিতে দ্রবণীয় কেন? ২

গ. গ্রীগনার্ড বিকারক হতে B যৌগটির সংশ্লেষণ দেখাও। ৩

ঘ. D যৌগটির অম্লধর্ম ও বিজারণ ধর্ম বিদ্যমান রয়েছে– বিশ্লেষণ কর। ৪

২।



A এবং B পাত্রে গ্যাস দুটি আদর্শ গ্যাসের ন্যায় আচরণ করে।

ক. অনুবন্ধী অম্ল কী? ১

খ. ইথাইন অম্লধর্মী কেন? ২

গ. উদ্দীপকের C পাত্রের মোট চাপ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. A এবং B পাত্রের গ্যাস দুটির মধ্যে কোনটি অধিক হারে নিঃসরিত হবে? গাণিতিক ব্যাখ্যা কর। ৪

৩। C_nH_n সাধারণ সংকেতবিশিষ্ট একটি অ্যারোমেটিক যৌগ A অনার্দ্র $AlCl_3$-এর উপস্থিতিতে মিথাইল ক্লোরাইডের সাথে বিক্রিয়া করে B যৌগে পরিণত হয়। B যৌগটি পুনরায় একই বিকারকের সাথে বিক্রিয়া করে দুটি ভিন্ন উৎপাদ উৎপন্ন করে।

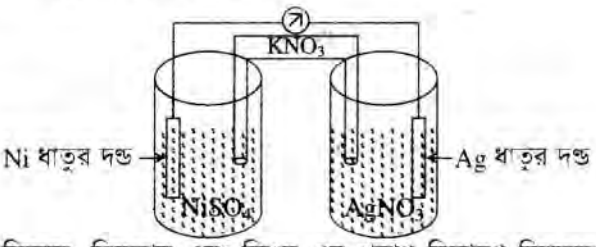
ক. বাস্তব গ্যাস কী? ১

খ. সিলভারের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক 1.118×10^{-3} বলতে কী বুঝ? ২

গ. A হতে B উৎপাদনের বিক্রিয়া কৌশল লেখ। ৩

ঘ. উদ্দীপক অনুসারে B হতে দুটি ভিন্ন উৎপাদ প্রাপ্তির যৌক্তিকতা মূল্যায়ন কর। ৪

৪।



নিকেল, সিলভার এবং জিংক এর প্রমাণ বিজারণ বিভবের মান যথাক্রমে -0.25 V, $+0.799$ V এবং -0.76 V.

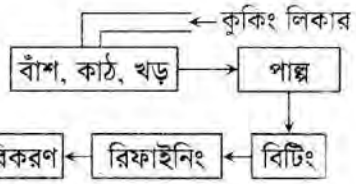
ক. এসিড বৃষ্টি কী? ১

খ. সিমেন্ট তৈরিতে জিপসাম ব্যবহার করা হয় কেন? ২

গ. উদ্দীপকের কোষটিতে সংঘটিত অর্ধকোষ বিক্রিয়া এবং কোষ বিক্রিয়া লেখ। ৩

ঘ. উদ্দীপকের অ্যানোডের দ্রবণটিকে দীর্ঘকালীন জিংক এর পাত্রে সংরক্ষণ করা যাবে কি-না গাণিতিকভাবে মূল্যায়ন কর। ৪

৫।



ক. ইটিপি কি? ১

খ. কয়লায় সালফারের উপস্থিতি ক্ষতিকর কেন? ২

গ. উদ্দীপকের আলোকে A এর উৎপাদন প্রক্রিয়া সমীকরণসহ বর্ণনা কর। ৩

ঘ. A শিল্পপণ্যটির রিসাইক্লিং পরিবেশ বান্ধব ও অর্থসাশ্রয়ী–মূল্যায়ন কর। ৪

৬। (i) $MnO_4^- + Fe^{2+} + H^+ \longrightarrow$

(ii) অম্লীয় $Cr_2O_7^{2-} + O_2^{2-} \longrightarrow Cr^{3+} + O_2 + H_2O$

Fe^{2+} কে জারিত করতে 20 mL .02(M) MnO_4^- প্রয়োজন হয়।

ক. BOD কী? ১

খ. বেনজিনকে অ্যারোমেটিক যৌগ বলা হয় কেন? ২

গ. উদ্দীপকের (i) নং বিক্রিয়ায় লোহার পরিমাণ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের (ii) নং বিক্রিয়াটি সমমোল অবস্থায় সম্পূর্ণ হবে কি-না মূল্যায়ন কর। ৪

বহুনির্বাচনি অভীক্ষা

সময়–৩৫ মিনিট

পূর্ণমান–৩৫

[**বিশেষ দ্রষ্টব্য :** সরবরাহকৃত বহুনির্বাচনি অভীক্ষার উত্তরপত্রে প্রশ্নের ক্রমিক নম্বরের বিপরীতে প্রদত্ত বর্ণসম্বলিত বৃত্তসমূহ হতে সঠিক/সর্বোৎকৃষ্ট উত্তরের বৃত্তটি বল পয়েন্ট কলম দ্বারা সম্পূর্ণ ভরাট কর। প্রতিটি প্রশ্নের মান ১।]

১. **নিচের কোনটি বিষমচাক্রিক যৌগ?**

ক সাইক্লোহেক্সেন খ ফিউরান

গ চাক্রিক প্রোপেন ঘ ন্যাপথালিন

২. **16 g অক্সিজেন গ্যাসে কয়টি অক্সিজেন অণু আছে?**

ক 0.5 খ 1.0

গ 3.011×10^{23} ঘ 6.022×10^{23}

৩. $X \xleftarrow[\text{Conc } H_2SO_4]{\text{Conc } HNO_3} \bigcirc \xrightarrow[\text{অনাদ্রতা } AlCl_3]{CH_3Cl,\ \Delta} Y$

এতে সক্রিয়তার কোন ক্রমটি সঠিক?

ক Y > X > ⬡ খ X > ⬡ > Y

গ Y > ⬡ > X ঘ ⬡ > Y > X

৪. $2H_2O \longrightarrow A + OH^-$ **এক্ষেত্রে A—**

i. অর্দ্র নীল লিটমাস পেপার লাল করে

ii. pH এর মান 7 এর অধিক হয়

iii. এসিড বৃষ্টির জন্য দায়ী

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i খ ii

গ iii ঘ i ও iii

৫. নিচের কোনটি জ্যামিতিক সমাণুতা প্রদর্শন করে?
ক $ClCH = CHCl$ খ $CH_2 = CHCl$
গ $CH_2 = CH_2$ ঘ $Cl_2C = CH_2$

৬. তড়িৎ বিশ্লেষণকালে কোনটি আগে চার্জমুক্ত হবে?
ক Cu^{2+} খ H^+
গ Pb^{2+} ঘ Na^+

৭. লেড সঞ্চয়ী কোষে কোনটি তড়িৎ বিশ্লেষ্য হিসেবে ব্যবহৃত হয়?
ক H_2SO_4 খ $PbSO_4$
গ PbO ঘ PbO_2

৮. ফ্যারাডের সূত্রটি প্রযোজ্য–
i. ধাতু নিষ্কাশনে
ii. তড়িৎ প্রলেপনে
iii. ধাতু বিশুদ্ধকরণে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

৯. কোনটি রিচার্জযোগ্য?
ক লিথিয়াম ব্যাটারি
খ লিথিয়াম আয়ন ব্যাটারি
গ শুষ্ক কোষ
ঘ ক্ষারীয় ফুয়েল সেল

উদ্দীপকের আলোকে ১০ এবং ১১নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

(i) $M^{2+}(aq) + e^- \rightarrow M(s)$;
$E^\circ_{M^{2+}(aq)|M(s)} = 0.34V$
(ii) $N(s) \rightarrow N^{2+}(aq) + 2e^-$;
$E^\circ_{N(s)|N^{2+}(aq)} = -0.80\ V$

১০. কোন কোষ ডায়াগ্রামটি সঠিক?
ক $M(s), M^{2+}(aq) \| N^{2+}(aq), N(s)$
খ $M(s), M^{2+}(aq) \| N(s), N^{2+}(aq)$
গ $N(s), N^{2+}(aq) \| M^{2+}(aq), M(s)$
ঘ $N(s), N^{2+}(aq) \| M(s), M^{2+}(aq)$

১১. কোষটির emf কত?
ক 1.14 V খ 0.46 V
গ – 0.46 V ঘ – 1.14 V

১২. $CH_2 = CH - CH - CH_3$ (OH) এর IUPAC পদ্ধতিতে নাম কী?
ক বিউট-1-ইন-2-অল
খ বিউট-3-ইন-2-অল
গ 2-হাইড্রোক্সি-1-বিউটিন
ঘ 3-হাইড্রোক্সি-1-বিউটিন

১৩. নিচের কোনটি 'গ্রীণ হাউজ গ্যাস' হিসেবে অধিকতর দায়ী?
ক CFC খ CO_2
গ CH_4 ঘ O_3

১৪. কোনটি পরম শূন্য তাপমাত্রা?
ক – 273°C খ – 273 K
গ –25°C ঘ 0°C

১৫. কোন গ্যাসটি দ্রুত ব্যাপিত হবে?
ক ফ্লোরিন খ অক্সিজেন
গ নিয়ন ঘ ক্লোরিন

১৬. কোন শর্তে একটি বাস্তব গ্যাস আদর্শ গ্যাসের মতো আচরণ করে?
ক উচ্চ তাপমাত্রা এবং নিম্ন চাপে
খ উচ্চ তাপমাত্রা এবং উচ্চ চাপে
গ নিম্ন তাপমাত্রা এবং উচ্চ চাপে
ঘ নিম্ন তাপমাত্রা এবং নিম্ন চাপে

নিচের উদ্দীপকের আলোকে ১৭ এবং ১৮নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

$$A \xleftarrow{LiAlH_4} RCONH_2 \xrightarrow[\Delta]{KOH+Br_2} B.$$

১৭. A এবং B হলো–
i. সমগোত্রক
ii. অ্যামিন
iii. ক্ষারক
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

১৮. B যৌগটি HNO_2 এর সাথে বিক্রিয়া করলে কি উৎপন্ন হবে?
ক অ্যালকোহল খ অ্যালডিহাইড
গ কিটোন ঘ হাইড্রোকার্বন

১৯. ETP এর পূর্ণরূপ কোনটি?
ক Effective Treatment Plant
খ Effective Tree Plantation
গ Effluent Treatment Plant
ঘ Effluent Treatment Programme

২০. সারফেস ওয়াটারের বিশুদ্ধতার মানদণ্ড হলো–
i. খরতা
ii. pH
iii. TDS
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

২১. নিচের কোনটি সঠিক?
ক 
খ 
গ 
ঘ 

২২. কাগজের প্রধান উপাদান কোনটি?
ক লিগনিন খ স্টার্চ
গ সেলুলোজ ঘ কুকিং লিকার

২৩. 'ব্ল্যাক লিকার' এর বর্ণ কিরূপ?
ক কাল খ বাদামী গ অ্যাস ঘ সাদা

২৪. 1 nm সমান কত?
ক 10^9 m খ 10^{-7} mm
গ 10^{-9} cm ঘ 10^{-7} cm

$2Na_2S_2O_3 + I_2 = Na_2S_4O_6 + 2NaI$.

২৫. বিক্রিয়াটির ধরন হলো–
i. রিডক্স
ii. আয়োডিমিতি
iii. আয়োডোমিতি
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i খ ii
গ iii ঘ i ও ii

২৬. উদ্দীপকের বিক্রিয়ায় কোন পদার্থটি জারিত হয়েছে?
ক $Na_2S_2O_3$ খ $Na_2S_4O_6$
গ I_2 ঘ NaI

২৭. গ্লুকোজ অণুতে কয়টি কাইরাল কার্বন আছে?
ক ৩ খ ৪
গ ৫ ঘ ৬

২৮. কোন যৌগ অ্যালডল ঘনীভবন বিক্রিয়া প্রদর্শন করে?
ক $Cl_3C - CHO$ খ HCHO
গ CH_3CH_2CHO ঘ C_6H_5CHO

২৯. কোন যৌগটি কার্বিল অ্যামিন পরীক্ষা দ্বারা শনাক্ত করা যায়?
ক অ্যামাইড খ 1° অ্যামিন
গ 2° অ্যামিন ঘ 3° অ্যামিন

৩০. নিচের কোনটি প্রাথমিক প্রমাণ দ্রব্য?
ক NaOH খ $K_2Cr_2O_7$
গ $KMnO_4$ ঘ H_2SO_4

৩১. A = εCl মতে নিচের কোনটি সঠিক?
ক A = শোষণাঙ্ক
খ ε = দ্রবণের ঘনমাত্রা
গ I = সেলের পুরুত্ব
ঘ C = শোষণ

৩২. কোনটি বলয় সক্রিয়কারী?
ক – Cl খ – CN
গ $-CH_3$ ঘ – CHO

৩৩. লুইস অম্ল হলো–
i. অসম্পূর্ণ অকটেটবিশিষ্ট যৌগ
ii. কেন্দ্রীয় পরমাণুর অসম্পূর্ণ d-অরবিটালবিশিষ্ট যৌগ
iii. জটিল যৌগ গঠনকারী ধাতব আয়ন
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

৩৪. কোনটি ইলেকট্রোফাইল হিসেবে কাজ করে?
ক NH_3 খ H_2O
গ OH^- ঘ $AlCl_3$

৩৫. $2NH_3 + CO_2 \xrightarrow{180°C,130atm} X \xrightarrow{180°C,130atm} Y$ এখানে Y-যৌগটি হলো–
ক অ্যামোনিয়াম কার্বামেট
খ কার্বামাইড
গ অ্যামোনিয়াম সায়ানেট
ঘ অ্যামোনিয়াম কার্বনেট

উত্তরমালা

১	খ	২	গ	৩	গ	৪	ঘ	৫	ক	৬	ক	৭	ক	৮	ক	৯	খ	১০	ক	১১	খ	১২	খ	১৩	খ	১৪	ক	১৫	গ	১৬	ক	১৭	ঘ	১৮	ক
১৯	গ	২০	ঘ	২১	গ	২২	গ	২৩	খ	২৪	ঘ	২৫	ক	২৬	ক	২৭	খ	২৮	গ	২৯	খ	৩০	খ	৩১	গ	৩২	গ	৩৩	ঘ	৩৪	ঘ	৩৫	খ		

কুমিল্লা বোর্ড, ২০১৬

রসায়ন দ্বিতীয় পত্র

বিষয় কোড : 1 7 7

সময়–২ ঘণ্টা ১০ মিনিট

সৃজনশীল প্রশ্ন

পূর্ণমান–৪০

[দ্রষ্টব্য : ডান পাশের সংখ্যা প্রশ্নের পূর্ণমান জ্ঞাপক। নিচের উদ্দীপকগুলো মনোযোগ দিয়ে পড় এবং সংশ্লিষ্ট প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও। যে কোনো **চারটি** প্রশ্নের উত্তর দিতে হবে।]

১।

আয়তন (V) cm^3	চাপ (P) atm
10	2.1
7	3
5.25	4

সারণী-১

আয়তন (V) L	তাপমাত্রা (T) K
22.40	273
24.45	298
25.10	303

সারণী-২

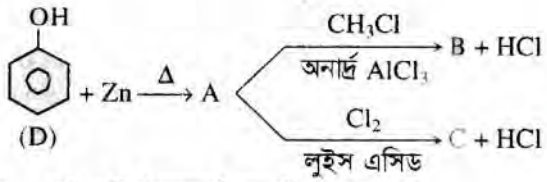
ক. এসিড বৃষ্টি কাকে বলে? ১

খ. মোলার দ্রবণ তাপমাত্রা নির্ভরশীল কেন? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকের সারণী-২ হতে পরমশূন্য তাপমাত্রার ধারণা প্রতিষ্ঠা কর। ৩

ঘ. গ্যাস সিলিন্ডারজাতকরণে উদ্দীপকের সারণীসমূহের প্রয়োগ রয়েছে কি-না? বিশ্লেষণ কর। ৪

২।



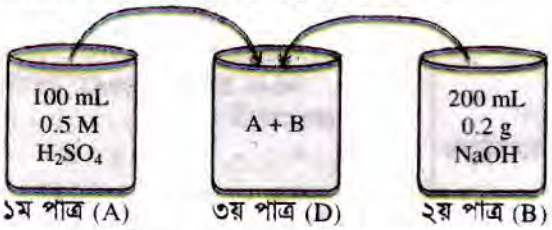
ক. প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ কাকে বলে? ১

খ. H_2O উভধর্মী পদার্থ–ব্যাখ্যা কর। ২

গ. যে বিক্রিয়ার সাহায্যে C থেকে D প্রস্তুত করা যায় তা সমীকরণসহ বর্ণনা কর। ৩

ঘ. "B এর বলয়ের উপর এর প্রতিস্থাপকটি প্রভাব বিস্তার করে"–বিশ্লেষণ কর। ৪

৩। চিত্রের আলোকে নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



ক. কার্যকরী মূলক কাকে বলে? ১

খ. অ্যামোনিয়াকে লুইস ক্ষার বলা হয় কেন? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. "B" পাত্রের দ্রবণের ঘনমাত্রা ppm. এককে নির্ণয় কর। ৩

ঘ. "D" পাত্রের দ্রবণের pH কিরূপ হবে–কারণসহ বিশ্লেষণ কর। ৪

৪। বাংলাদেশের রিরোলিং মিলসমূহ বিভিন্ন অবকাঠামোতে ব্যবহার উপযোগী ধাতব সামগ্রী প্রস্তুত করে। মিলসমূহ পুরানো অকেজো জাহাজের ভাঙা অংশ এবং হকারদের মাধ্যমে সংগৃহীত ব্যবহার অনুপযোগী ধাতব দ্রব্যাদি কাঁচামাল হিসেবে ব্যবহার করে। ফলে লোহার খনি না থাকা সত্ত্বেও বাংলাদেশে ধাতুটি প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়।

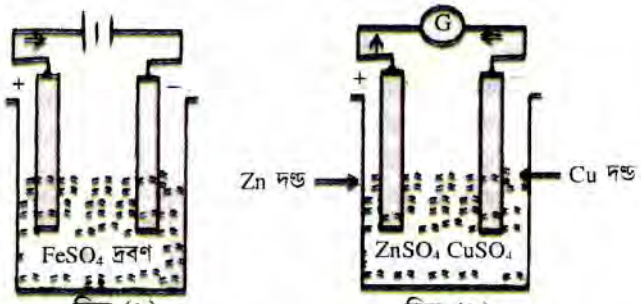
ক. ন্যানো কণা কী? ১

খ. লেড ধাতু কিভাবে হিমোগ্লোবিন বিনষ্ট করে? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকের ধাতুটির রিসাইক্লিং পদ্ধতি বর্ণনা কর। ৩

ঘ. বাংলাদেশের প্রেক্ষিতে উদ্দীপক ধাতুটির রিসাইক্লিং জরুরি–মূল্যায়ন কর। ৪

৫।



ক. প্লাস্টিসিটি কী? ১

খ. মানব শরীরে ভারী ধাতু কিভাবে প্রবেশ করে? ২

গ. চিত্র-(১) এ 50 A বিদ্যুৎ 10 মিনিট চালনা করলে ক্যাথোডে কি পরিমাণ ধাতু জমা হবে? ৩

ঘ. উদ্দীপক চিত্র-(১) ও চিত্র (২) উভয়ই কোষ হলেও এদের শক্তির রূপান্তর ধরন ভিন্ন–বিশ্লেষণ কর। ৪

৬। $R-OH \underset{(C=1)}{\xrightarrow{[O]}} A \xrightarrow{[O]} B$

ক. COD কাকে বলে? ১

খ. গ্যালভানিক কোষ রিডক্স বিক্রিয়া দেয়–ব্যাখ্যা কর। ২

গ. 'B' যৌগটির কার্যকরী মূলক কিভাবে শনাক্ত করবে? সমীকরণসহ বর্ণনা কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের A ও B যৌগ নিউক্লিওফিলিক সংযোজন বিক্রিয়ায় ভিন্নতা দেখায়।–কারণসহ বিশ্লেষণ কর। ৪

সময়–৩৫ মিনিট

বহুনির্বাচনি অভীক্ষা

পূর্ণমান–৩৫

[**বিশেষ দ্রষ্টব্য :** সরবরাহকৃত বহুনির্বাচনি অভীক্ষার উত্তরপত্রে প্রশ্নের ক্রমিক নম্বরের বিপরীতে প্রদত্ত বর্ণসম্বলিত বৃত্তসমূহ হতে সঠিক/সর্বোৎকৃষ্ট উত্তরের বৃত্তটি বল পয়েন্ট কলম দ্বারা সম্পূর্ণ ভরাট কর। প্রতিটি প্রশ্নের মান ১।]

১. **1 atm = কত প্যাসকেল?**

ক 1.01325×10^{2}

খ 1.01325×10^{-2}

গ 1.01325×10^{5}

ঘ 1.01325×10^{-5}

২. **মৃদু এসিডকে তীব্র ক্ষার দ্বারা টাইট্রেশনের ক্ষেত্রে ব্যবহৃত নির্দেশকটি হলো–**

ক ফেনলফথ্যালিন খ মিথাইল অরেঞ্জ

গ থাইমল ব্লু ঘ মিথাইল রেড

৩. $C_3H_7COONa + NaOH \xrightarrow[\Delta]{CaO}$ **উৎপাদ বিক্রিয়ায় উৎপাদ হলো–**

ক ইথেন খ প্রোপেন

গ বিউটেন ঘ পেন্টেন

৪. $CuSO_4$ দ্রবণের মধ্যে 5000 mA তড়িৎ প্রবাহ 1 ঘন্টা ধরে চালনা করলে কি পরিমাণ কপার জমা হবে?
ক 5.5222 g খ 5.7222 g
গ 5.8222 g ঘ 5.9222 g

৫. নাইট্রাইল কার্যকরী মূলকের সংকেত কোনটি?
ক —CNS খ $—NO_2$
গ —CN ঘ —SCN

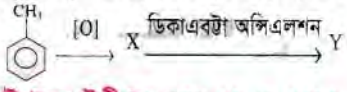
৬. নিচের কোনটি শক্তিশালী বিজারক?
ক Na খ Li গ K ঘ Ag

৭. মিথাইল কার্বিনলের সংকেত কোনটি?
ক CH_3OH খ CH_3CH_2OH
গ $CH_3CH(OH)CH_3$ ঘ $(CH_3)_3COH$

৮. $Fe^{2+} + Sn^{4+} \rightleftharpoons Fe^{3+} + Sn^{2+}$ উপরের বিক্রিয়াটিতে—
i. Fe^{2+} জারিত হয়েছে
ii. Sn^{4+} বিজারক
iii. Fe^{3+} একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করেছে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

৯. সিমেন্ট উৎপাদনের প্রধান কাঁচামাল কোনটি?
ক সল্ট কেক খ চুনাপাথর
গ সোডা অ্যাশ ঘ কাদামাটি

১০. ডেটলের প্রধান উপাদানের IUPAC নাম—
ক 3-ক্লোরো-4, 5 – ডাইমিথাইল ফেনল
খ 4-ক্লোরো-3, 5 – ডাইমিথাইল ফেনল
গ 3-ক্লোরো-2, 5 – ডাইমিথাইল ফেনল
ঘ 4-ক্লোরো-3, 6 –ডাইমিথাইল ফেনল

■ 

উপরের উদ্দীপক হতে ১১ ও ১২নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

১১. উদ্দীপক বিক্রিয়ায় 'X' যৌগটি হলো—
ক বেনজালডিহাইড
খ স্যালিসালডিহাইড
গ বেনজয়িক এসিড
ঘ বেনজাইল অ্যালকোহল

১২. Y যৌগের বৈশিষ্ট্যসমূহ হলো—
i. পাই (π) ইলেকট্রনের সংখ্যা ৬ (ছয়)
ii. অ্যারোমিটিকত্ব প্রদর্শনের জন্য n এর মান ১ (এক)
iii. সংযোজন ও প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া দেখায়
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

১৩. 0.25 M H_2SO_4 এর ঘনমাত্রা ppm এককে কত হবে?
ক 24300 খ 24400 গ 24500 ঘ 24600

১৪. লেড স্টোরেজ ব্যাটারিতে ব্যবহৃত হয়—
ক NHO_3 খ H_2SO_4
গ HCl ঘ CH_3COOH

১৫. নিচের কোন যৌগটি আলোক সক্রিয়?
ক 2-মিথাইল প্রোপানল-2 খ প্রোপানল-2
গ বিউটানল-1 ঘ বিউটানল-2

১৬. ঢাকা শহরে কোন শিল্পের মাধ্যমে পানি সবচেয়ে বেশি দূষিত হয়?
ক কাগজ শিল্প খ চামড়া শিল্প
গ সিমেন্ট শিল্প ঘ সার শিল্প

■ জিঙ্ক ও আয়রন ধাতু দ্বারা একটি তড়িৎ রাসায়নিক কোষ গঠন করা হলো। কোষটির ক্ষেত্রে জিঙ্ক ও আয়রনের প্রমাণ বিজারণ বিভব যথাক্রমে, – 0.76 V এবং – 0.44 V.

উদ্দীপকের আলোকে ১৭ ও ১৮নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

১৭. উদ্দীপক কোষটির সেল বিভবের মান—
ক + 0.32 V খ – 0.32 V
গ + 1.20 V ঘ – 1.20 V

১৮. উল্লিখিত তথ্যের আলোকে—
i. আয়রনের পাত্রে জিঙ্ক লবণের দ্রবণ দীর্ঘকালীন রাখা যাবে না
ii. কোষ বিক্রিয়াটি স্বতঃস্ফূর্তভাবে ঘটবে
iii. Zn ক্ষয়প্রাপ্ত হবে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

১৯. ন্যানো কণার পরিসর হলো—
ক 0.074 nm – 0.53 nm
খ 0.073 nm – 0.26 nm
গ 1 nm – 100 nm
ঘ 200 nm – 400 nm

২০. নিচের কোন আয়নটি জারক ও বিজারক উভয় হিসেবে কাজ করে?
ক Na^+ খ Fe^{2+} গ Al^{3+} ঘ Sn^{4+}

২১. কোন ধরনের দূষক পানিতে DO এর পরিমাণ কমায়?
i. অজৈব দূষক ii. জৈব দূষক
iii. তেজস্ক্রিয় দূষক
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

২২. প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িদ্বারে অম্ল দ্রবণের ঘনমাত্রা থাকে—
ক 1.0 M খ 0.1 M
গ 0.01 M ঘ 0.001 M

২৩. ন্যাফথালিন যৌগে π (পাই) ইলেকট্রনের সংখ্যা কয়টি?
ক 2 খ 6 গ 10 ঘ 14

২৪. 10 g $FeSO_4$ কে জারিত করতে কত গ্রাম পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট লাগবে?
ক 3.22 g খ 3.87 g
গ 4.12 g ঘ 6.44 g

■ 

উদ্দীপক অনুসারে ২৫ এবং ২৬নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

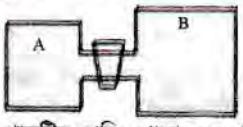
২৫. উদ্দীপকের যৌগটির বৈশিষ্ট্য হলো—
i. যৌগটিতে sp সংকরণ বিদ্যমান
ii. যৌগটির পলিমার যৌগ হলো বেনজিন
iii. এটা ইলেকট্রনাকর্ষী যুত বিক্রিয়া দেয়
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

২৬. 60° সে. তাপমাত্রায় 2% $HgSO_4$ এবং 20% H_2SO_4 এর উপস্থিতিতে উদ্দীপকের যৌগটি পানির সাথে বিক্রিয়া করে কি উৎপন্ন করে?
ক মিথান্যাল খ মিথানল
গ ইথান্যাল ঘ ইথানল

২৭. SATP তে অক্সিজেন গ্যাসের RMS বেগ কত?
ক 461.28 ms^{-1} খ 471.94 ms^{-1}
গ 481.97 ms^{-1} ঘ 485.91 ms^{-1}

২৮. অম্লীয় পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট বিক্রিয়াকালে কেন্দ্রীয় পরমাণু কয়টি ইলেকট্রন গ্রহণ করে?
ক 2 খ 3 গ 4 ঘ 5

২৯. অ্যামোনিয়াযুক্ত $AgNO_3$ দ্রবণ দ্বারা নিচের কোনটি শনাক্ত করা যায়?
ক অ্যালকিন
খ অ্যালকোহলীয় হাইড্রক্সিল মূলক
গ অ্যালডিহাইড ঘ অ্যালকাইন

৩০. 

পাত্রটির চাবি খোলা অবস্থায় মোট চাপ P = 200 mm (Hg), n_A = 6 mol, n_B = 14 mol
উদ্দীপকের ক্ষেত্রে A গ্যাসের আংশিক চাপ হলো—
ক 60 mm (Hg) খ 80 mm (Hg)
গ 120 mm (Hg) ঘ 140 mm (Hg)

৩১. ডিনামাইট তৈরির ক্ষেত্রে নিচের কোনটি ব্যবহৃত হয়?
ক নাইট্রো গ্লিসারিন খ নাইট্রো টলুইন
গ নাইট্রো বেনজিন ঘ নাইট্রো ফেনল

৩২. 0.1M Na_2CO_3 দ্রবণ—
i. প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থের প্রমাণ দ্রবণ
ii. দ্রবণটির ঘনমাত্রা ডেসিমোলার
iii. 500 mL দ্রবণে 5.3 g Na_2CO_3 দ্রবীভূত থাকে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

৩৩. ফুয়েল সেলের ক্যাথোডে জ্বালানি হিসেবে ব্যবহৃত গ্যাসটি হলো—
ক হাইড্রোজেন গ্যাস খ পানি গ্যাস
গ অক্সিজেন গ্যাস
ঘ কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাস

৩৪. নিচের কোনটি ইলেকট্রোফাইল?
ক $AlCl_3$ খ NH_3
গ ROH ঘ H_2O

৩৫. SATP-তে মোলার আয়তন কত?
ক 22.4 L খ 22.8 L
গ 24.4 L ঘ 24.8 L

উত্তরমালা

১	গ	২	ক	৩	খ	৪	ঘ	৫	গ	৬	খ	৭	খ	৮	গ	৯	খ	১০	খ	১১	গ	১২	ঘ	১৩	গ	১৪	খ	১৫	ঘ	১৬	খ	১৭	ক	১৮	খ
১৯	গ	২০	খ	২১	ক	২২	ক	২৩	গ	২৪	ক	২৫	ঘ	২৬	গ	২৭	গ	২৮	ঘ	২৯	ঘ	৩০	ক	৩১	ক	৩২	ঘ	৩৩	গ	৩৪	ক	৩৫	ঘ		

চট্টগ্রাম বোর্ড, ২০১৬

রসায়ন দ্বিতীয় পত্র

বিষয় কোড : 1 7 7

সময়–২ ঘণ্টা ১০ মিনিট

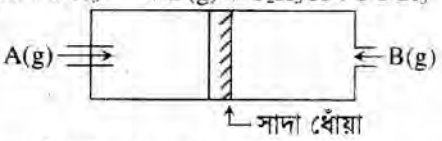
সৃজনশীল প্রশ্ন

পূর্ণমান–৪০

[**দ্রষ্টব্য :** ডান পাশের সংখ্যা প্রশ্নের পূর্ণমান জ্ঞাপক। নিচের উদ্দীপকগুলো মনোযোগ দিয়ে পড় এবং সংশ্লিষ্ট প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও। যে কোনো **চারটি** প্রশ্নের উত্তর দিতে হবে।]

১। $NH_4Cl + CaO \xrightarrow{\Delta} A(g) + CaCl_2 + H_2O$

$C_2H_5OH + PCl_5 \longrightarrow B(g) + C_2H_5Cl + POCl_3$



ক. আদর্শ গ্যাস কাকে বলে? ১

খ. এসিড মিশ্রিত পানিকে তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহী বলা হয় কেন? ২

গ. উদ্দীপকের নলটিতে সংঘটিত বিক্রিয়ার প্রেক্ষিতে অনুবন্ধী এসিড ও ক্ষারকের ব্যাখ্যা দাও। ৩

ঘ. উদ্দীপকটি গ্যাসের কোনসূত্রকে সমর্থন করে? বিশ্লেষণ কর। ৪

২। $R - CH_2 - CH_2 - X + KOH(aq) \longrightarrow A + KX.$

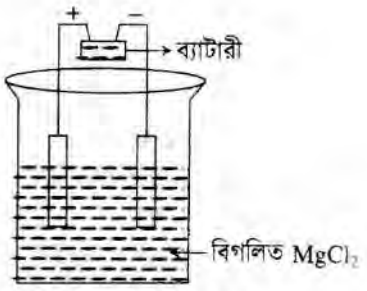
ক. BOD কাকে বেল? ১

খ. সিমেন্ট তৈরিতে জিপসাম ব্যবহার করা হয় কেন? ২

গ. উদ্দীপকের A তৈরির প্রযোজ্য বিক্রিয়া কৌশল দেখাও। ৩

ঘ. "উদ্দীপকে KOH(aq) এর পরিবর্তে KOH(alc) ব্যবহারে উৎপাদের পরিবর্তন হয়"–প্রয়োজনীয় সমীকরণসহ বিশ্লেষণ কর। ৪

৩।



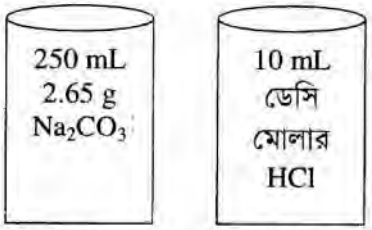
ক. ন্যানো পার্টিক্যাল কাকে বলে? ১

খ. 64 g অক্সিজেন গ্যাসের জন্য ভ্যানডার ওয়ালস সমীকরণটি লিখ। ২

গ. উদ্দীপক কোষের অ্যানোডে সংঘটিত বিক্রিয়াটি দেখাও। ৩

ঘ. উদ্দীপক কোষে সংঘটিত বিক্রিয়ায় তড়িৎ প্রবাহের প্রয়োজনীয়তার যৌক্তিক বিশ্লেষণ কর। ৪

৪।



ক. লুকাস বিকারক কাকে বলে? ১

খ. "সিলভারের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক 0.001118 g C^{-1}" বলতে কি বুঝ? ২

গ. উদ্দীপকের A পাত্রের দ্রবণের ঘনমাত্রা ppm এককে নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের A পাত্রের 10 mL এর সাথে B পাত্রের দ্রবণ যোগ করলে মিশ্রণের প্রকৃতি কিরূপ হবে? বিশ্লেষণ কর। ৪

৫। | CH_4 (i) | CFC (ii) | CO_2 (iii) | NH_3 (iv) |

ক. নির্দেশক কাকে বলে? ১

খ. বেনজিন অ্যারোমেটিক যৌগ কেন? ২

গ. উদ্দীপকের কোন কোন যৌগ ব্যবহার করে ইউরিয়া উৎপাদন করা যায়? সমীকরণসহ লিখ। ৩

ঘ. ওজোন স্তরের সাথে উদ্দীপকের কোন যৌগটির বিক্রিয়া পরিবেশের জন্য ক্ষতিকর?–বিশ্লেষণ কর। ৪

৬। (i) $C_6H_6 \xrightarrow[H_2SO_4.\ 45°C]{HNO_3} A + H_2O;$

(ii) $R - CH_2 - NO_2 \xrightarrow[HCl]{Sn} B + H_2O$

ক. ইটিপি কী? ১

খ. H_3PO_4 অপেক্ষা HNO_3 সবল কেন? ২

গ. উদ্দীপকের B যৌগকে কিভাবে সনাক্ত করা যায়, সমীকরণসহ লিখ। ৩

ঘ. উদ্দীপকের A যৌগে ইলেকট্রনাকর্ষী প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া কোন অবস্থানে ঘটবে? অনুরণন উল্লেখপূর্বক বিশ্লেষণ কর। ৪

সময়–৩৫ মিনিট

বহুনির্বাচনি অভীক্ষা

পূর্ণমান–৩৫

[**বিশেষ দ্রষ্টব্য :** সরবরাহকৃত বহুনির্বাচনি অভীক্ষার উত্তরপত্রে প্রশ্নের ক্রমিক নম্বরের বিপরীতে প্রদত্ত বর্ণসম্বলিত বৃত্তসমূহ হতে সঠিক/সর্বোৎকৃষ্ট উত্তরের বৃত্তটি বল পয়েন্ট কলম দ্বারা সম্পূর্ণ ভরাট কর। প্রতিটি প্রশ্নের মান ১।]

১. **STP-তে 22.4 L অক্সিজেন প্রস্তুত করতে কত গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট প্রয়োজন?**

ক 56.23 g
খ 57.16 g
গ 60.16 g
ঘ 81.73 g

২. **পুনঃপ্রক্রিয়াকরণ প্রণালি কী?**

ক নতুন চক্র তৈরি
খ পদার্থ বিশুদ্ধ করার প্রণালি
গ পরিত্যক্ত পদার্থকে পুনরায় ব্যবহার্য করা
ঘ রঙিন বস্তু তৈরি

৩. **কোনটি আলোক সক্রিয় যৌগের বৈশিষ্ট্য–**

i. কাইরাল কার্বনের উপস্থিতি
ii. সমতল প্রতিসাম্য না হওয়া
iii. যৌগে দ্বিবন্ধনী থাকা

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i ও ii
খ ii ও iii
গ i ও iii
ঘ i, ii ও iii

৪. সিমেন্ট কী?
ক হাইড্রেটেড Ca-সিলিকেট ও অ্যালুমিনেট এর মিশ্রণ
খ সোডিয়াম সিলিকেট
গ সোডিয়াম ফসফেট
ঘ ক্যালসিয়াম অ্যালুমিনেট

৫. কোন এসিড বেশি তীব্র এসিড?
ক CH_3COOH খ CH_3CH_2COOH
গ $CH_3CH_2CH_2COOH$ ঘ $HCOOH$

৬. $CH_3CH_2CHO \xrightarrow{[H]} Z$ (Z) যৌগটির নাম কী?
ক প্রপেন খ বিউটেন
গ প্রপানল ঘ প্রপিন

৭. প্রাকৃতিক গ্যাসের প্রধান উপাদান কোনটি?
ক N_2 খ O_2 গ H_2 ঘ CH_4

৮. 250 CC 0.1 M H_2SO_4 দ্রবণে কত গ্রাম H_2SO_4 বিদ্যমান?
ক 2.45 g খ 2.98 g
গ 4.52 g ঘ 5.42 g

৯. $CH_3 - CH_2 - CH(Cl) - CHO$ যৌগটির নাম কী?
ক 2-ক্লোরো-বিউটান্যাল
খ 3-ক্লোরো-বিউটান্যাল
গ 2-ক্লোরো-বিউটানোন
ঘ 3-ক্লোরো-বিউটানল

১০. $CH_3 - CH_2 - CH_2 - Br + N \xrightarrow{\text{শুষ্ক ইথার}} M$ (M) যৌগটির নাম কী?
ক হেক্সিন খ প্রপেন
গ প্রপিন ঘ হেক্সেন

১১. নাইট্রেশন বিক্রিয়ায় গাঢ় H_2SO_4 এর ভূমিকা কী?
i. বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পানি শোষণ করা
ii. বিক্রিয়াকে সম্মুখবর্তী করা
iii. বিক্রিয়ার গতি হ্রাস করা
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

১২. TDS কী?
ক পানিতে দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণ
খ পানিতে অণুজীব কর্তৃক বিয়োজিত অক্সিজেনের পরিমাণ
গ পানির জৈব, অজৈব পদার্থকে কতটুকু অক্সিজেন দ্বারা বিজারিত করা হয় সে পরিমাণ
ঘ পানিতে দ্রবীভূত জৈব ও অজৈব পদার্থের পরিমাণ

উদ্দীপক হতে ১৩ এবং ১৪নং প্রশ্নের উত্তর দাও :
$A + O_3 \longrightarrow$ ওজোনাইড $\xrightarrow[[H_2O]]{Zn}$ প্রপানোন + ইথান্যাল।

১৩. A যৌগ কোনটি?
ক হেক্সাইন খ হেক্সিন
গ 2-মিথাইল পেন্টিন
ঘ 2-মিথাইল বিউটিন-2

১৪. A যৌগটির গাঠনিক সংকেত কোনটি?
ক $CH_3CH_2C \equiv C - CH_3$
খ $CH_3CH_2CH = CHCH_3$
গ $CH_3 - \underset{\underset{CH_3}{|}}{C} = CH - CH_3$
ঘ $CH_3CH_2CH_2 - CH = CH_2$

১৫.  $+ HNO_3 \xrightarrow{\text{গাঢ় } H_2SO_4} P$ (P) যৌগটির নাম কী?
ক অর্থোনাইট্রো বেনজোয়িক এসিড
খ প্যারা নাইট্রো বেনজোয়িক এসিড
গ মেটা নাইট্রো বেনজোয়িক এসিড
ঘ নাইট্রো বেনজিন

১৬. DNA কী?
ক একটি পরমাণু খ বৃহৎ পলিমার
গ একটি অণু ঘ ন্যানো পার্টিকেল

১৭. কাচ কী?
ক সোডিয়াম ক্যালসিয়াম সিলিকেট
খ সোডিয়াম অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট
গ সোডিয়াম ফসফেট
ঘ অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট

১৮. 44 g CO_2 এর জন্য আদর্শ গ্যাস সমীকরণ কোনটি?
ক $PV = RT$ খ $PV = 4\,RT$
গ $PV = 2\,RT$ ঘ $2\,PV = RT$

১৯. কার্বানায়ন কোনটি?
ক $CH_3C^+H_2$ খ CH_3^-
গ CO ঘ NO^+

২০. ফরমালিন কী?
ক 40% পানি এবং 60% ইথানলের মিশ্রণ
খ 60% পানি এবং 40% মিথান্যালের মিশ্রণ
গ 60% মিথান্যাল এবং 40% পানির মিশ্রণ
ঘ 95.6% ইথানল এবং 4.4% পানির মিশ্রণ

২১. 18° C তাপমাত্রায় 0.8 atm চাপে কোনো গ্যাসের ঘনত্ব 2.25 g/L। এর আণবিক ভর কত?
ক 67.11 g/mol খ 36.24 g/mol
গ 24.36 g/mol ঘ 36.63 g/mol

২২. NH_3 ক্ষারধর্মী কারণ—
i. জোড়া ইলেকট্রন দাতা
ii. এসিডের সাথে বিক্রিয়া করে
iii. প্রোটন গ্রহীতা
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

২৩. $CH_3CH = CH_2 + HBr \longrightarrow A$ A যৌগটির নাম কী?
ক 1-ব্রোমো প্রপেন খ প্রপিন
গ 2-ব্রোমো প্রপেন ঘ প্রপানোন

২৪. $CH_3CH_2CH_2Cl + KOH\ (alc) \longrightarrow B$; B যৌগটির নাম কী?
ক প্রপান্যাল খ প্রপানল
গ প্রপেন ঘ প্রপিন-।

$CH_3CH_2OH + Q \xrightarrow{HCl} CH_3COOC_2H_5$
উদ্দীপক হতে ২৫ এবং ২৬নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

২৫. নিচের কোনটি Q যৌগ?
ক CH_3COOH খ $CH_3CH_2OCH_3$
গ $HCOOH$ ঘ CH_3CH_2COOH

২৬. উৎপাদটির নাম কী?
ক মিথাইল মিথানয়েট খ ইথাইল মিথানয়েট
গ মিথাইল ইথানয়েট ঘ ইথাইল ইথানয়েট

২৭. 17° C তাপমাত্রায় এক মোল N_2 এর গতিশক্তি কত?
ক 3606.59 জুল খ 3616.59 জুল
গ 5936.16 জুল ঘ 5916.36 জুল

২৮. পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটে (Cr) এর জারণ সংখ্যা কোনটি?
ক 6 – খ 3 +
গ 12 + ঘ 6 +

২৯. গ্রিণ হাউস প্রভাবের জন্য সবচেয়ে বেশি দায়ী কোন গ্যাস?
ক CFC খ CH_4
গ CO_2 ঘ NO_2

৩০. ppm হলো—
i. দ্রবণের ঘনমাত্রা প্রকাশের একক
ii. প্রতি মিলিয়ন ভাগ দ্রবণে দ্রবীভূত দ্রবের পরিমাণ
iii. mg/L
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

৩১. CO এর সহনীয় মাত্রা কত?
ক 40 ppm খ 100 ppm
গ 500 ppm ঘ 1000 ppm

৩২.  $+ NaNO_2 + HCl \xrightarrow{40°C} M$ (M) যৌগটির নাম কী?
ক বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড
খ ফেনল
গ নাইট্রোসো অ্যামিন ঘ ক্লোরো বেনজিন

৩৩. IR বর্ণালিতে কার্যকরী মূলক অঞ্চলের তরঙ্গ সংখ্যা কত?
ক $300 - 400\ cm^{-1}$ খ $<1000\ cm^{-1}$
গ $1000 - 4000\ cm^{-1}$ ঘ $> 4000\ cm^{-1}$

৩৪. জৈব এসিডের কার্বক্সিলেশন বিক্রিয়ায় প্রধান উৎপন্ন পদার্থ কোনটি?
ক অ্যালকিন খ অ্যালকাইন
গ অ্যালকেন ঘ অ্যালকোহল

৩৫. ফেলিং দ্রবণ হলো—
ক $ZnCl_2$ এবং গাঢ় HCl এর মিশ্রণ
খ NH_4OH যুক্ত $AgNO_3$ দ্রবণ
গ জলীয় $CuSO_4$ এবং ক্ষারীয় Na, K টারটেট দ্রবণ
ঘ $CuSO_4$ দ্রবণ

উত্তরমালা

১	ঘ	২	গ	৩	ক	৪	ক	৫	ঘ	৬	গ	৭	ঘ	৮	ক	৯	ক	১০	ঘ	১১	ক	১২	ঘ	১৩	ঘ	১৪	গ	১৫	গ	১৬	খ	১৭	ক	১৮	ক
১৯	খ	২০	খ	২১	ক	২২	ঘ	২৩	গ	২৪	খ	২৫	ক	২৬	ঘ	২৭	খ	২৮	ঘ	২৯	গ	৩০	ঘ	৩১	ক	৩২	ক	৩৩	গ	৩৪	গ	৩৫	গ		

সিলেট বোর্ড, ২০১৬

রসায়ন দ্বিতীয় পত্র

বিষয় কোড : 1 7 7

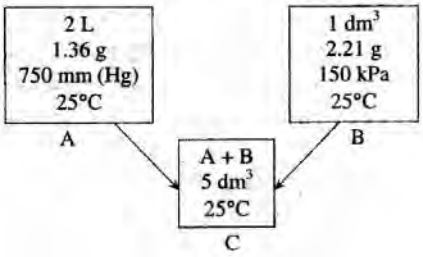
সময়–২ ঘণ্টা ১০ মিনিট

সৃজনশীল প্রশ্ন

পূর্ণমান–৪০

[**দ্রষ্টব্য :** ডান পাশের সংখ্যা প্রশ্নের পূর্ণমান জ্ঞাপক। নিচের উদ্দীপকগুলো মনোযোগ দিয়ে পড় এবং সংশ্লিষ্ট প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও। যে কোনো **চারটি** প্রশ্নের উত্তর দিতে হবে।]

১।



A এবং B পাত্রের গ্যাস দু'টি আদর্শ গ্যাসের ন্যায় আচরণ করে।

ক. অনুবন্ধী অম্ল কী? ১

খ. ফেনল অম্লধর্মী কেন? ২

গ. উদ্দীপকের C পাত্রে মোট চাপ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. A এবং B পাত্রের গ্যাস দু'টির মধ্যে কোনটি অধিক হারে নিঃসরিত হবে– গাণিতিক মূল্যায়ন কর। ৪

২। C_6H_6 ('X') $\xrightarrow{\text{নাইট্রেশন}}$ Y $\xrightarrow[\text{[ঐ]}]{\text{বিজারণ}}$ Z

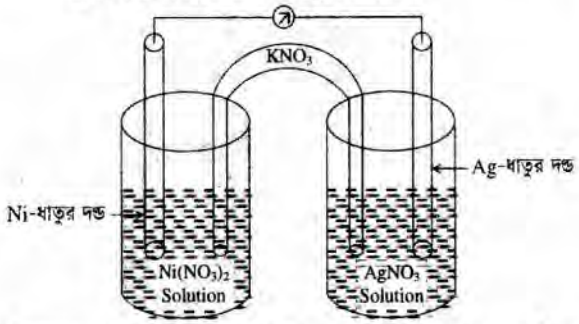
ক. ফরমালিন কী? ১

খ. পানির BOD এর মান 50 ppm বলতে কী বুঝ? ২

গ. Z এবং মিথাইল অ্যামিনের মধ্যে কোনটির ক্ষারধর্ম অধিক– ব্যাখ্যা কর। ৩

ঘ. ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে X, Y এবং Z এর সক্রিয়তার ক্রম বিশ্লেষণ কর। ৪

৩।



নিকেল, সিলভার এবং জিংক এর প্রমাণ বিজারণ বিভবের মান যথাক্রমে – 0.25 V + 0.799 V এবং – 0.76 V

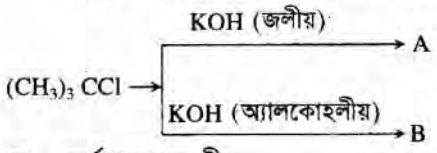
ক. এসিড বৃষ্টি কী? ১

খ. সিমেন্ট তৈরিতে জিপসাম ব্যবহার করা হয় কেন? ২

গ. উদ্দীপকের কোষটিতে সংঘটিত অর্ধকোষ বিক্রিয়া এবং কোষ বিক্রিয়া লিখ। ৩

ঘ. উদ্দীপকের অ্যানোডের দ্রবণটিকে জিংক এর পাত্রে সংরক্ষণ করা যাবে কি-না গাণিতিকভাবে মূল্যায়ন কর। ৪

৪।



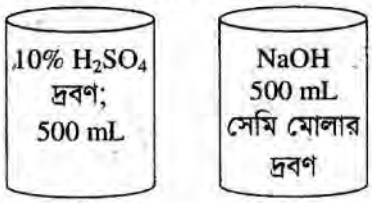
ক. দর্শক আয়ন কী? ১

খ. মোলার দ্রবণ একটি প্রমাণ দ্রবণ ব্যাখ্যা কর। ২

গ. A উৎপাদনের বিক্রিয়া কৌশল লিখ। ৩

ঘ. B এর ওজোনীকরণ এবং আর্দ্র বিশ্লেষণে দুটি ভিন্ন কার্বনিল যৌগ পাওয়া যায়–মূল্যায়ন কর। ৪

৫।



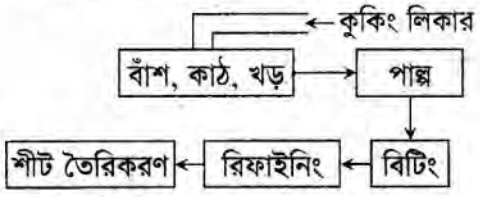
ক. প্রমাণ দ্রবণ কী? ১

খ. HCO_3^- উভধর্মী–ব্যাখ্যা কর। ২

গ. A পাত্রে কতটুকু পানি মিশ্রিত করলে তা সেমিমোলার দ্রবণে পরিণত হবে– গণনা কর। ৩

ঘ. A এবং B পাত্রের মিশ্রিত দ্রবণের প্রকৃতি কী হবে– গাণিতিকভাবে মূল্যায়ন কর। ৪

৬।



ক. ইটিপি কী? ১

খ. কয়লায় সালফারের উপস্থিতি ক্ষতিকর কেন? ২

গ. উদ্দীপকের আলোকে A এর উৎপাদন প্রক্রিয়া সমীকরণসহ বর্ণনা কর। ৩

ঘ. A শিল্প পণ্যটির রিসাইক্লিং পরিবেশবান্ধব ও অর্থ সাশ্রয়ী মূল্যায়ন কর। ৪

বহুনির্বাচনি অভীক্ষা

সময়–৩৫ মিনিট

পূর্ণমান–৩৫

[**বিশেষ দ্রষ্টব্য :** সরবরাহকৃত বহুনির্বাচনি অভীক্ষার উত্তরপত্রে প্রশ্নের ক্রমিক নম্বরের বিপরীতে প্রদত্ত বর্ণসম্বলিত বৃত্তসমূহ হতে সঠিক/সর্বোৎকৃষ্ট উত্তরের বৃত্তটি বল পয়েন্ট কলম দ্বারা সম্পূর্ণ ভরাট কর। প্রতিটি প্রশ্নের মান ১।]

১. **কোনটি গ্রাহামের ব্যাপন সূত্র?**

ক $r_1\sqrt{M_1} = r_2\sqrt{M_2}$ খ $r \propto \frac{1}{M}$

গ $\frac{r_1}{r_2} = \frac{\sqrt{M_1}}{\sqrt{M_2}}$ ঘ $r \propto \sqrt{M}$

২. **নিচের কোনটি বিষমচাক্রিক যৌগ?**

ক  খ 

গ  ঘ 

৩. **একটি π-বন্ধনের স্থলে দুইটি σ-বন্ধন গঠিত হয় কোন ধরনের বিক্রিয়ায়?**

i. অপসারণ বিক্রিয়ায়

ii. যুত বিক্রিয়ায়

iii. পলিমারকরণ বিক্রিয়ায়

নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

৪. C_2H_2 যৌগে কেন্দ্রীয় মৌলের জারণমান কত?
ক +2 খ −2 গ 0 ঘ −1

৫. নিচের কোনটি সেকেন্ডারি দূষক?
ক CO_2 খ CO গ SO_2 ঘ O_3

৬. $SnCl_2 + 2HgCl_2 = SnCl_4 + 2HgCl$ বিক্রিয়ায় কোনটি জারিত হয়?
ক Sn^{2+} খ Hg^{2+} গ Cl^- ঘ Sn^{4+}

৭. $(P + n^2a/V^2)(V - nb) = nRT$ সমীকরণে বাস্তব গ্যাসের আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল—
i. n^2a/V^2 ii. na/V^2 iii. a/V^2
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii গ i ঘ ii

■ উদ্দীপকের আলোকে ৮ ও ৯নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

$$CH_3-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}-CH_3 \xrightarrow{KMnO_4/KOH} A + H_2O$$

৮. A যৌগে কয়টি বন্ধন ইলেকট্রন আছে?
ক 6 খ 8 গ 20 ঘ 24

৯. A বিক্রিয়া প্রদর্শন করে—
i. অ্যালডল
ii. ক্লিমেনসন বিজারণ
iii. ক্যানিজারো
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

১০. সানস্ক্রিন লোশন তৈরিতে কোন ন্যানোপার্টিকেল ব্যবহৃত হয়?
ক Na_2O খ ZnO গ Al_2O_3 ঘ CuO

■ উদ্দীপকের আলোকে ১১ ও ১২নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

150 mL HNO_3 দ্রবণে 1.5 g দ্রব বিদ্যমান। দ্রবণটি 2% Na_2CO_3 দ্রবণকে প্রশমিত করল।

১১. এসিড দ্রবণের ঘনমাত্রা কত ppm?
ক 10^5 খ 10^4 গ 10^3 ঘ 10^2

১২. ক্ষারীয় দ্রবণের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য—
i. ঘনমাত্রা 0.189 (M)
ii. আয়তন 37.3 mL
iii. আয়তন 57.6 mL
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

১৩. গ্যাস ইলেকট্রোডে কোন ধাতু যুগল ব্যবহার করা হয়?
ক Hg, Au খ Hg, Pt
গ Pt, Au ঘ Pt, V

১৪. নিচের চিত্রদ্বয় লক্ষ কর :

50 g 500 mL H_2SO_4	25 g 250 mL H_2SO_4
A দ্রবণ	B দ্রবণ

A ও B দ্রবণের মিশ্রণে—
i. উভয়ের ঘনমাত্রা সমান
ii. উভয়েই সেকেন্ডারি প্রমাণ দ্রবণ
iii. তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে উভয়ের ঘনমাত্রা হ্রাস পায়
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

১৫. বায়ুতে H_2S এর কত ppm মানুষের মৃত্যু ঘটায়?
ক 20 খ 30 গ 40 ঘ 50

১৬. সিমেন্ট কারখানায় সৃষ্ট সবচেয়ে বড় দূষক কোনটি?
ক NO_x খ SO_x
গ CO ঘ ডাস্ট পার্টিকেল

১৭. চামড়ার পিকলিং এ শতকরা কতভাগ H_2SO_4 ব্যবহৃত হয়?
ক 3.5 খ 2.5 গ 1.5 ঘ 0.5

১৮. $H_3C-\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}-CH_3$ এর টটোমার নিচের কোনটি?
ক $H_2C = CH(OH) - CH_3$
খ $CH_3 - CH = CHOH$
গ $CH_3 - C(OH) = CH_2$
ঘ $H_2C = CH_2 - CHO$

১৯. নিচের কোন গ্যাসটির ব্যাপন হার বেশি?
ক HCl খ NH_3 গ CH_4 ঘ Cl_2

২০. $E^\circ_{Ag/Ag^+} = +1.32\ V$, $E^\circ_{H/H^+} = 0(V)$ তড়িদদ্বার দুটি দ্বারা গঠিত কোষের সংকেত কোনটি?
i. $Ag(s)/Ag^+(aq) \| H^+(1M)/H_2(g)$; 1 atm. Pt
ii. $Ag(s)/Ag^+(aq) | H^+(aq)/H_2(g)$; 1 atm. Pt
iii. $Ag(s)/Ag^+(aq) \| H^+/H_2(g)$; Pt
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

২১. (+) ল্যাকটিক এসিডের ক্ষেত্রে সঠিক তথ্য হলো—
i. এক সমতলীয় আলোর তলকে ঘড়ির কাঁটার দিকে ঘুরায়
ii. $[\alpha] = +2.24°$ iii. $[\alpha] = +22.4°$
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i খ ii গ i ও ii ঘ i ও iii

২২. এক মিলি মোল H_2SO_4 = কত?
ক 98 g খ 9.8 g
গ 0.98 g ঘ 0.098 g

২৩. কক্ষ তাপমাত্রায় N_2 এর ১টি অণুর গতিশক্তি কত আর্গ?
ক 6.209×10^{-20} খ 6.580×10^{-18}
গ 6.098×10^{-1} ঘ 6.17×10^{-14}

২৪. কোনটি প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ?
ক NaOH খ $H_2C_2O_4$
গ H_2SO_4 ঘ $K_2Cr_2O_7$

২৫. H_2O_2 জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ায় অংশ নিলে উৎপাদে অক্সিজেনের জারণ সংখ্যা—
i. −2 ii. −1 iii. 0
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

২৬. এসিডের তীব্রতার ক্ষেত্রে—
i. $H_2SO_4 > HNO_2$
ii. $H_2SO_4 > HClO_4$
iii. $NNO_3 > H_2SO_3$
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

২৭. SI এককে বোল্টজম্যান ধ্রুবকের মান—
ক 6.023×10^{23} খ 6.023×10^{-23}
গ 1.38×10^{-23} ঘ 1.36×10^{-25}

২৮. অম্ল-ক্ষার টাইট্রেশনের সমাপ্তি বিন্দুতে ফেনলফথেলিনের বর্ণ পরিবর্তনের সীমা কত?
ক 3.1 – 5.6 খ 5.8 – 7.5
গ 8.3 – 10 ঘ 8.5 – 12

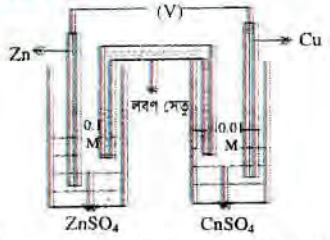
২৯. কোন মূলকটি মেটা নির্দেশক?
ক $-NHCH_3$ খ $-SO_3H$
গ $-OCH_3$ ঘ $-CH_3$

৩০. $AgNO_3$ দ্রবণের মধ্যদিয়ে 60 মিনিট যাবত 5 amp তড়িৎ চালনা করা হলে ক্যাথোডে কত গ্রাম Ag জমা হবে?
ক 8.766 খ 16.812
গ 20.145 ঘ 24.854

৩১. শনাক্তকরণে Cu_2O এর লাল অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়—
i. অ্যালডিহাইড
ii. ফরমিক এসিড
iii. গ্লুকোজ
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i, ii ও iii খ i ও ii
গ i ঘ ii

৩২. অম্লীয় মাধ্যমে $KMnO_4$ কয়টি ইলেকট্রন গ্রহণ করে?
ক 3টি খ 4টি গ 5টি ঘ 6টি

■ উদ্দীপকটির আলোকে ৩৩ ও ৩৪নং প্রশ্নের উত্তর দাও :



$E_{oZn/Zn^{2+}} = +0.76(V)$ $E_{o\ Fe/Fe^{2+}} = +0.44(V)$

৩৩. উদ্দীপকের কোষটির জন্য—
i. $E_{cell} = E_{o\ Zn/Zn^{2+}} + E_{o\ Cu/Cu^{2+}}$
ii. $E_{cell} = E_{o\ Zn/Zn^{2+}} - E_{o\ Cu^{2+}/Cu}$
iii. $E_{cell} = E_{o\ Cu^{2+}/Cu} - E_{o\ Zn^{2+}/Zn}$
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

৩৪. ডান অর্ধকোষ উপেক্ষা করে $Fe/FeSO_4$ অর্ধকোষ ব্যবহার করা হলে কোষ বিভব কত ভোল্ট হবে?
ক +1.2 খ −1.2 গ +0.32 ঘ −0.32

৩৫. বিয়ার-ল্যাম্বার্ট সূত্র কোন মোলার দ্রবণের ক্ষেত্রে অধিক প্রযোজ্য?
ক 0.01 খ 0.1 গ 0.5 ঘ 1.0

উত্তরমালা

১	ক	২	ক	৩	খ	৪	ঘ	৫	ঘ	৬	ক	৭	গ	৮	গ	৯	ক	১০	খ	১১	খ	১২	খ	১৩	গ	১৪	ঘ	১৫	ঘ	১৬	ঘ	১৭	ঘ	১৮	গ
১৯	গ	২০	গ	২১	গ	২২	ঘ	২৩	ক	২৪	ঘ	২৫	ক	২৬	খ	২৭	গ	২৮	গ	২৯	খ	৩০	গ	৩১	ক	৩২	গ	৩৩	গ	৩৪	গ	৩৫	ক		

বরিশাল বোর্ড, ২০১৬

রসায়ন দ্বিতীয় পত্র

বিষয় কোড : 1 7 7

সময়–২ ঘণ্টা ১০ মিনিট

সৃজনশীল প্রশ্ন

পূর্ণমান–৪০

[দ্রষ্টব্য : ডান পাশের সংখ্যা প্রশ্নের পূর্ণমান জ্ঞাপক। নিচের উদ্দীপকগুলো মনোযোগ দিয়ে পড় এবং সংশ্লিষ্ট প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও। যে কোনো **চারটি** প্রশ্নের উত্তর দিতে হবে।]

১। $A_2 + B_2 \xrightarrow[200\ atm]{450^\circ C}$ [C] ⟶ কার্বামেট $\xrightarrow{\Delta}$ [D]

ক. টি.এন.টি কী? ১

খ. CO কে নীরব ঘাতক বলা হয় কেন? ২

গ. D এর দূষকগুলো কিভাবে এর ক্ষতিকর প্রভাব ফেলে– ব্যাখ্যা কর। ৩

ঘ. উৎপাদ C এর 99.7% পাওয়ার জন্য প্রয়োজনীয় শর্তসমূহ বিশ্লেষণ কর। ৪

২। (i) $A \xrightarrow{KOH\ (জলীয়)} B \xrightarrow{[O]} C.$

(ii) C + 2, 4 – DNPH ⟶ হলুদ অধঃক্ষেপ

(iii) C + ফেহলিং দ্রবণ ⟶ কোনো পরিবর্তন নেই

(iv) A হলো C_4H_9Br এর একটি সমাণুক।

ক. মনোমার কী? ১

খ. পিরিডিন একটি অ্যারোমেটিক যৌগ—ব্যাখ্যা কর। ২

গ. (ii) নং সমীকরণ হতে C যৌগটি শনাক্ত কর। ৩

ঘ. উপরের A যৌগটি এর গাঠনিক সংকেত নির্ণয়পূর্বক বিশ্লেষণ কর। ৪

৩।

1.0 বায়ু চাপ 300 mL	1.5 বায়ু চাপ 500 mL	; T = 30°C
A-গ্যাস	B-গ্যাস	

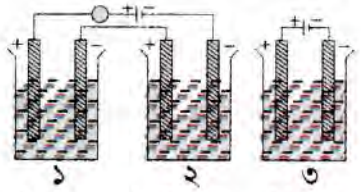
ক. অনুবন্ধী ক্ষারক কী? ১

খ. 0.15M HCl দ্রবণের ঘনমাত্রা ppm এককে কত? ২

গ. A এবং B গ্যাসদ্বয়কে এক লিটার পাত্রে রাখা হলে মিশ্রিত গ্যাসের মোট চাপ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. 0.39 গ্রাম A এবং 0.85 গ্রাম B গ্যাসদ্বয়ের মধ্যে কোনটির ব্যাপন হার সবচেয়ে বেশি? বিশ্লেষণ কর। ৪

৪।



১ ২ ৩

$M'NO_3$ $M'''(NO_3)_3$ $M''SO_4$

[পারমাণবিক ভর M′ = 108, M″ = 63.5 এবং M‴ = 52]

ক. ডায়াজোকরণ কী? ১

খ. মিথাইল অ্যামিন অ্যানিলিনের চেয়ে বেশি ক্ষারীয় ব্যাখ্যা কর। ২

গ. $M''SO_4$ দ্রবণের pH এর মান সাতের চেয়ে কম– ব্যাখ্যা কর। ৩

ঘ. ১ এবং ২ নম্বর সেলে 50 কুলম্ব বিদ্যুৎ প্রবাহিত করলে বিভিন্ন তড়িদ্বারে বিভিন্ন পরিমাণ পদার্থ সঞ্চিত হওয়ার কারণ ব্যাখ্যা কর। ৪

৫। ল্যাবরেটরীতে তিনটি ভিন্ন ভিন্ন ক্ষারীয় নমুনা দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয়ের জন্য ভিন্ন ভিন্ন নির্দেশক ব্যবহার করা হয় :

বিকারক	নির্দেশক
0.1M HCl দ্রবণ দ্বারা NaOH এর ঘনমাত্রা নির্ণয়	মিথাইল অরেঞ্জ
0.1M HCl দ্রবণ দ্বারা NH_4OH এর ঘনমাত্রা নির্ণয়।	ফেনলফথ্যালিন
0.1 M CH_3COOH দ্রবণ দ্বারা NaOH এর ঘনমাত্রা নির্ণয় কর।	ফেনলফথ্যালিন

ক. নিঃসরণ কী? ১

খ. $Na_2S_2O_3$ যৌগে S এর জারণ সংখ্যা বের কর। ২

গ. উদ্দীপকে উল্লিখিত শক্তিশালী ক্ষারকের ঘনমাত্রা ppm এককে নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উপরের উদ্দীপকের টাইট্রেশনে ভিন্ন ভিন্ন নির্দেশক কেন ব্যবহার করা হয়? এর পেছনে যুক্তি দেখাও। ৪

৬। (i) $CuSO_4 + NH_4OH$ (অতিরিক্ত) ⟶ A + H_2O

(ii) $AlCl_3 + H_2O$ ⟶ B

ক. কার্বোক্যাটায়ন কী? ১

খ. দুর্বল অম্লের অনুবন্ধী ক্ষারক শক্তিশালী হয় কেন? ২

গ. (i) এবং (ii) নং বিক্রিয়া সম্পূর্ণ করে প্রধান উৎপাদসমূহের নাম লিখ। ৩

ঘ. A এবং B যৌগে অম্লক্ষারকের কোন মতবাদটি অনুসরণ করা হয়? বিশ্লেষণ কর। ৪

সময়–৩৫ মিনিট

বহুনির্বাচনি অভীক্ষা

পূর্ণমান–৩৫

[**বিশেষ দ্রষ্টব্য :** সরবরাহকৃত বহুনির্বাচনি অভীক্ষার উত্তরপত্রে প্রশ্নের ক্রমিক নম্বরের বিপরীতে প্রদত্ত বর্ণসম্বলিত বৃত্তসমূহ হতে সঠিক/সর্বোৎকৃষ্ট উত্তরের বৃত্তটি বল পয়েন্ট কলম দ্বারা সম্পূর্ণ ভরাট কর। প্রতিটি প্রশ্নের মান ১।]

১. **বায়ুমণ্ডলের তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে কোন গ্যাসটির ভূমিকা সবচেয়ে বেশি?**

ক CO_2 খ NO_2 গ CH_4 ঘ NH_3

২. **জৈব এসিড এবং অ্যালকোহলের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন যৌগটিতে কোন কার্যকরী মূলক রয়েছে?**

ক –C(=O)–O–C– খ –C(=O)–H

গ –C(=O)–CH_3 ঘ –C(=O)–O–R

৩. **ডিনামাইট তৈরিতে নিচের কোনটি ব্যবহৃত হয়?**

ক নাইট্রো গ্লিসারিন

খ নাইট্রো টলুইন

গ নাইট্রো বেনজিন

ঘ নাইট্রো ফেনল

৪. 0.1M Na_2CO_3 দ্রবণের ঘনমাত্রা ppm এককে কত?

ক 106 খ 1060 গ 5300 ঘ 10600

৫. নির্দিষ্ট চাপে স্থির ভরের কোনো গ্যাসের আয়তন শূন্য হয়–

i. 0 K তাপমাত্রায়

ii. –273°C তাপমাত্রায়

iii. 0°C তাপমাত্রায়

নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

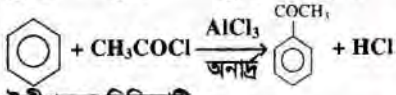
৬. বায়ুমণ্ডলের স্ট্রাটোস্ফেয়ার স্তরের প্রধান উপাদান হলো–
ক অক্সিজেন খ নিয়ন
গ ওজোন ঘ কার্বন ডাইঅক্সাইড

৭. বিউটিন-2 প্রদর্শন করে–
ক আলোক সমাণুতা
খ কার্যকরী মূলক সমাণুতা
গ জ্যামিতিক সমাণুতা ঘ টটোমারিজম

৮. মিথাইল অরেঞ্জের বর্ণ পরিবর্তনের pH পরিসর–
ক 3–5 খ 6–8 গ 8–10 ঘ 10–12

৯. NO^-_2 এর অনুবন্ধী এসিড হলো–
ক HNO_3 খ HNO_2
গ HNO^-_2 ঘ NO^-_3

১০. 
উদ্দীপক যৌগে অ্যারোমেটিকত্ব প্রদর্শনের জন্য n এর মান কত?
ক 6 খ 3 গ 2 ঘ 1

১১. 
উদ্দীপকের বিক্রিয়াটি–
ক ফ্রিডেল-ক্রাফট অ্যালকাইলেশন বিক্রিয়া
খ হফম্যান ডিগ্রেডেশন বিক্রিয়া
গ ফ্রিডেল-ক্রাফট অ্যাসাইলেশন বিক্রিয়া
ঘ এস্টারিফিকেশন বিক্রিয়া

১২. ফ্রেয়ন-12 এর সংকেত কোনটি?
ক CF_3Cl খ CCl_3F
গ CCl_2F_2 ঘ $F_2ClC–CClF_2$

১৩. বয়েল, চার্লস ও অ্যাভোগাড্রোর সমন্বয় সূত্র থেকে গ্যাসের ঘনত্ব নির্ণয়ের সমীকরণটি হলো–
ক $d = \frac{RM}{PT}$ খ $d = \frac{RT}{PM}$
গ $d = \frac{PM}{RT}$ ঘ $d = \frac{PT}{RM}$

১৪. ইট ভাটায় জ্বালানির অসম্পূর্ণ দহনে নিচের কোন যৌগটি সৃষ্টি হয়?
ক CO_2 খ CO গ SO_3 ঘ NH_3

১৫. HPLC এর পূর্ণরূপ কোনটি?
ক High Pressure Liquid Chromatography
খ High Performance Liquid Chromatography
গ High Power Liquid Chromatography
ঘ High Plant Liquid Chromatograph

উদ্দীপকের আলোকে ১৬ এবং ১৭নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

3° অ্যালকোহল $\xrightarrow{B}$ RMgX $\xrightarrow{A}$ 2° অ্যালকোহল A টলেন বিকারকের সাথে বিক্রিয়া দেখালেও B উক্ত বিকারকের সাথে বিক্রিয়া দেখায় না।

১৬. RMgX এর সাথে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী যৌগ দুটির মধ্যে–
i. A যৌগটি ফরমালডিহাইড ব্যতীত যে কোনো অ্যালডিহাইড
ii. B যৌগটি অ্যালডল ঘনীভবন বিক্রিয়া দেখায়
iii. A ও B কার্বনিল যৌগ
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

১৭. উদ্দীপকের অ্যালকোহলদ্বয় শনাক্তকরণে ব্যবহৃত বিকারক হলো–
ক জিঙ্ক অ্যামালগাম ও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক এসিডের মিশ্রণ
খ সোডিয়াম নাইট্রাইট ও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক এসিডের মিশ্রণ
গ জিঙ্ক ক্লোরাইড ও লঘু হাইড্রোক্লোরিক এসিডের মিশ্রণ
ঘ অনার্দ্র জিঙ্ক ক্লোরাইড ও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক এসিডের মিশ্রণ

১৮. 2, 4 – DNPH বিক্রিয়া করে–
i. RCOR এর সাথে
ii. ROR এর সাথে
iii. ROH এর সাথে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii গ iii ঘ i

১৯. আদর্শ গ্যাসের সংকোচনশীল গুণাঙ্ক, Z = ?
ক 3.0 খ 2.0 গ 1.0 ঘ 0.5

২০. নিচের কোনটি প্রাইমারি স্টান্ডার্ড পদার্থ?
ক Na_2CO_3 খ $Na_2S_2O_3$
গ H_2SO_4 ঘ $KMnO_4$

২১. $A \xrightarrow{PCl_5} B \xrightarrow[\text{শুষ্ক ইথার}]{Na}$ n-বিউটেন
উদ্দীপকের A ও B যৌগদ্বয় হলো–
ক CH_3OH ও CH_3Cl
খ CH_3OH ও CH_3CH_2Cl
গ CH_3CH_2OH ও CH_3Cl
ঘ CH_3CH_2OH ও CH_3CH_2Cl

জিঙ্ক পাত্রে $FeSO_4$ দ্রবণ রাখা হলো। জিঙ্ক ও আয়রনের প্রমাণ বিজারণ বিভব যথাক্রমে – 0.76 V এবং – 0.44 V.

উদ্দীপক অনুসারে নিম্নের ২২ এবং ২৩নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

২২. উদ্দীপকে উৎপন্ন কোষটির কোষ বিভব এর মান–
ক + 0.32 V খ – 0.32 V
গ + 1.20 V ঘ – 1.20 V

২৩. উদ্দীপকে উৎপন্ন কোষটির ক্ষেত্রে–
i. জিঙ্ক পাত্রটি ক্যাথোড হিসাবে কাজ করে
ii. কোষ বিক্রিয়াটি স্বতঃস্ফূর্তভাবে ঘটে
iii. জিঙ্ক পাত্রটি ক্ষয়প্রাপ্ত হয়
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

২৪. মোলার দ্রবণের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য–
i. এটি একটি প্রমাণ দ্রবণ
ii. দ্রবণের ঘনমাত্রা 1M
iii. 1 L দ্রবণে 1 mol পরিমাণ পদার্থ দ্রবীভূত থাকে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i, ii ও iii খ i ও ii
গ ii ও iii ঘ iii

২৫. $NH_4CNO \xrightarrow{\Delta} H_2N – \overset{\overset{O}{\|}}{C} – NH_2$
উদ্দীপকের বিক্রিয়াটি কোন ধরনের বিক্রিয়া?
ক সংযোজন খ সমাণুকরণ
গ অপসারণ ঘ প্রতিস্থাপন

২৬. K_2MnO_4 যৌগে কেন্দ্রীয় পরমাণুর জারণ সংখ্যা কত?
ক + 7 খ + 6 গ + 5 ঘ + 4

২৭. নিম্নের কোনটি ধাতু-ধাতব আয়ন তড়িদ্দ্বারের উদাহরণ?
ক Ag(s), AgCl(s)/NaCl(aq)
খ Hg(*l*), Hg_2Cl_2(s)/KCl(aq)
গ Ag(s)/$AgNO_3$(aq)
ঘ Pt(s)/Fe^{2+}(aq), Fe^{3+}(aq)

২৮. সিমেন্ট উৎপাদনের প্রধান কাঁচামাল কোনটি?
ক সল্ট কেক খ চুনাপাথর
গ সোডা অ্যাশ ঘ কাদা মাটি

২৯. তড়িৎ বিশ্লেষণকালে নিচের কোন আয়নটি আগে চার্জমুক্ত হয়?
ক Br^- খ NO_3^- গ OH^- ঘ Cl^-



উদ্দীপক অনুসারে নিম্নের ৩০ এবং ৩১নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

৩০. উদ্দীপকের যৌগটির বৈশিষ্ট্য হলো–
i. যৌগটিতে sp সংকরণ বিদ্যমান
ii. যৌগটির পলিমার যৌগ হলো বেনজিন
iii. এটা ইলেকট্রনাকর্ষী যুত বিক্রিয়া দেয়
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

৩১. 60° সে. তাপমাত্রায় 2% $HgSO_4$ এবং 20% H_2SO_4 এর উপস্থিতিতে উদ্দীপকের যৌগটি পানির সাথে বিক্রিয়া করে কি উৎপন্ন করে?
ক মিথান্যাল খ মিথানল
গ ইথান্যাল ঘ ইথানল

৩২. নিচের কোনটি অর্থো-প্যারা নির্দেশক মূলক?
ক – COOH খ – CHO
গ $– NO_2$ ঘ $– NHCOCH_3$

৩৩. নিম্নের কোন অঞ্চলের IR বর্ণালির সাহায্যে কার্বনিল মূলক শনাক্তকরণ করা যায়?
ক $3600\ cm^{-1} – 3300\ cm^{-1}$
খ $1860\ cm^{-1} – 1660\ cm^{-1}$
গ $3000\ cm^{-1} – 2800\ cm^{-1}$
ঘ $1400\ cm^{-1} – 1100\ cm^{-1}$

৩৪. 5% Na_2CO_3 দ্রবণ দ্বারা বোঝায়–
i. 5 g Na_2CO_3 আছে 100 mL Na_2CO_3 দ্রবণে
ii. 5g Na_2CO_3 আছে 100 g Na_2CO_3 দ্রবণে
iii. 5g Na_2CO_3 আছে 100 mL পানিতে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i খ i ও ii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

৩৫. S_N2 বিক্রিয়া–
i. দ্বিআণবিক কেন্দ্রাকর্ষী প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া
ii. বিক্রিয়াটি এক ধাপে ঘটে
iii. বিক্রিয়াটির ক্ষেত্রে সক্রিয়তার ক্রম $3^\circ RX > 2^\circ RX > 1^\circ RX$
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

উত্তরমালা

১	ক	২	ঘ	৩	ক	৪	ঘ	৫	ক	৬	গ	৭	গ	৮	ক	৯	খ	১০	ঘ	১১	গ	১২	গ	১৩	গ	১৪	খ	১৫	খ	১৬	ঘ	১৭	ঘ	১৮	ঘ
১৯	গ	২০	ক	২১	ঘ	২২	ক	২৩	খ	২৪	ক	২৫	খ	২৬	খ	২৭	গ	২৮	খ	২৯	গ	৩০	ঘ	৩১	গ	৩২	ঘ	৩৩	খ	৩৪	খ	৩৫	ক		

দিনাজপুর বোর্ড, ২০১৬

রসায়ন দ্বিতীয় পত্র

বিষয় কোড : 1 7 7

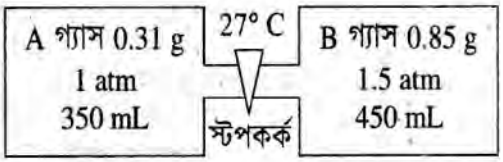
সময়–২ ঘণ্টা ১০ মিনিট

সৃজনশীল প্রশ্ন

পূর্ণমান–৪০

[**দ্রষ্টব্য :** ডান পাশের সংখ্যা প্রশ্নের পূর্ণমান জ্ঞাপক। নিচের উদ্দীপকগুলো মনোযোগ দিয়ে পড় এবং সংশ্লিষ্ট প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও। যে কোনো **চারটি** প্রশ্নের উত্তর দিতে হবে।]

১।



ক. বাস্তব গ্যাস কাকে বলে? ১

খ. C_3H_8O কার্যকরী মূলক সমাণুতা প্রদর্শন করে–ব্যাখ্যা কর। ২

গ. স্টপকর্ক বন্ধ অবস্থায় A গ্যাসের অণুর সংখ্যা নির্ণয় কর। ৩

ঘ. একই উষ্ণতা ও চাপে A ও B এর মধ্যে কোনটির ব্যাপন হার বেশি তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

২। $3A \xrightarrow[450°C]{Fe} B \xrightarrow[60°C]{HNO_3\ (conc.) + H_2SO_4\ (conc)} C$

A = দুই কার্বনের অ্যালকাইন।

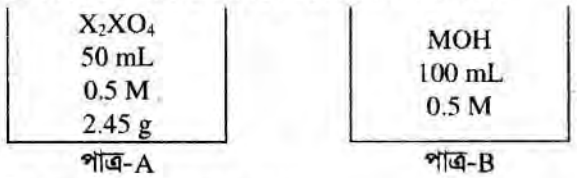
ক. সিরামিক কাকে বলে? ১

খ. সঞ্চয়ী ব্যাটারী চার্জিতকরণের পূর্বে পানি ব্যবহার করা হয় কেন? ২

গ. A যৌগে C এর sp হাইব্রিডাইজেশন হয় কেন? ব্যাখ্যা কর। ৩

ঘ. B থেকে C যৌগ উৎপাদনের কৌশল বর্ণনা কর। ৪

৩।



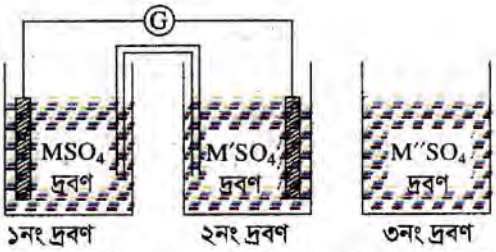
ক. কাইরাল কার্বন কাকে বলে? ১

খ. F, Cl, Br, I এর সক্রিয়তার ক্রম নির্ণয় কর। ২

গ. H_2XO_4 এর আণবিক ভর নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের পাত্রদ্বয়ের দ্রবণ মিশ্রিত করলে মিশ্রণের প্রকৃতি কিরূপ হবে তা বিশ্লেষণ কর। ৪

৪।



$E°_{M/M^{2+}} = +0.76\ V$ $E°_{M'/M'^{2+}} = -0.34\ V$ $E°_{M''/M''^{2+}} = +1.66\ V$

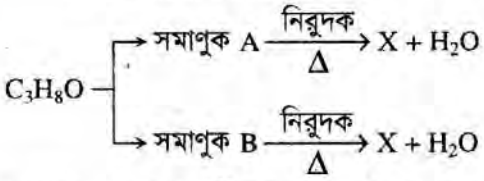
ক. প্রাইমারী স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ কাকে বলে? ১

খ. জৈব যৌগে কার্বোক্সিলিক মূলক শনাক্তকরণ পরীক্ষা লেখ। ২

গ. কোষটির কোষ বিভব বর্ণনা কর। ৩

ঘ. ২নং দ্রবণকে সরিয়ে দিয়ে উক্ত স্থানে ৩নং দ্রবণ রাখা যাবে কি-না? গাণিতিক বিশ্লেষণ কর। ৪

৫।



সমাণুক A লুকাস বিকারকের সাথে কক্ষ তাপমাত্রায় কোনো বিক্রিয়া দেয় না কিন্তু সমাণুক B লুকাস বিকারকের সাথে ৫ – ১০ মিনিটের মধ্যে বিক্রিয়া দেয়।

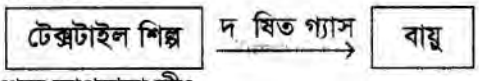
ক. STP কী? ১

খ. পোর্টল্যান্ড সিমেন্টকে হাইড্রোলিক সিমেন্ট বলা হয় কেন? ২

গ. C যৌগের অসম্পৃক্ততার পরীক্ষা দাও। ৩

ঘ. A ও B এর মধ্যে কোনটি আয়োডোফর্ম বিক্রিয়া দেয় তা বিশ্লেষণ কর। ৪

৬।



ক. পরম শূন্য তাপমাত্রা কী? ১

খ. C_4H_8 জ্যামিতিক সমাণুতা প্রদর্শন করে–ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকের শিল্পটি কীভাবে বায়ুকে দূষিত করে? আলোচনা কর। ৩

ঘ. কিভাবে উল্লিখিত শিল্প কর্তৃক বায়ুদূষণ রোধ করা যায়? ৪

বহুনির্বাচনি অভীক্ষা

সময়–৩৫ মিনিট

পূর্ণমান–৩৫

[**বিশেষ দ্রষ্টব্য :** সরবরাহকৃত বহুনির্বাচনি অভীক্ষার উত্তরপত্রে প্রশ্নের ক্রমিক নম্বরের বিপরীতে প্রদত্ত বর্ণসম্বলিত বৃত্তসমূহ হতে সঠিক/সর্বোৎকৃষ্ট উত্তরের বৃত্তটি বল পয়েন্ট কলম দ্বারা সম্পূর্ণ ভরাট কর। প্রতিটি প্রশ্নের মান ১।]

১. $CH_3CH = CHCH_3$ যৌগটি কোন ধরনের সমাণুতা প্রদর্শন করে?

ক আলোক খ কার্যকরী মূলক

গ চেইন ঘ জ্যামিতিক

২. $RCONH_2 + Br_2 + KOH \xrightarrow{\Delta} A + KBr + K_2CO_3 + H_2O$

A যৌগটি কী?

ক 1° অ্যালকোহল খ 1° অ্যামিন

গ 2° অ্যালকোহল ঘ 2° অ্যামিন

■ উদ্দীপক অনুসারে ৩ ও ৪নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

$$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-R + H_2 \xrightarrow{Pt} B$$

৩. B যৌগটি কি?

ক অ্যালকিন খ কার্বক্সিলিক এসিড

গ অ্যালকোহল ঘ অ্যালডিহাইড

৪. B যৌগটি কোন বিক্রিয়া প্রদর্শন করে?

ক হ্যালোফরম খ ক্যানিজারো

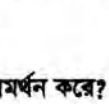
গ ক্লিমেনসন ঘ অ্যালডল ঘনীভবন

৫. $CuSO_4$ দ্রবণে 1 F চার্জ দ্বারা কতটুকু কপার সঞ্চিত হবে?

ক 23.0 g খ 26.52 g

গ 31.75 g ঘ 33.68 g

৬.



লেখচিত্রটি কোন সূত্র সমর্থন করে?

ক চার্লসের সূত্র খ বয়েলের সূত্র

গ অ্যাভোগাড্রোর সূত্র

ঘ গ্রাহামের ব্যাপন সূত্র

৭. একটি পানির নমুনায় দ্রবীভূত O_2 এর ঘনমাত্রা 2.0×10^{-4} M
ppm এককে এর মান কত?
ক 2.0 খ 2.5
গ 4.4 ঘ 6.4

৮. কোষের *e.m.f* নির্ণয়ের সূত্র কোনটি?
ক $E_{cell} = E_{cathode(OX)} - E_{cathode(OX)}$
খ $E_{cell} = E_{cathode(OX)} - E_{anode(OX)}$
গ $E_{cell} = E_{anode(Red)} - E_{cathode(Red)}$
ঘ $E_{cell} = E_{anode(OX)} + E_{cathode(OX)}$

৯. STP তে 65 g O_2 গ্যাসের আয়তন কত?
ক 22.4 L খ 44.8 L
গ 67.2 L ঘ 89.6 L

১০. $CH_3CH_2\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}HCHO$ যৌগটির IUPAC নাম কী?
ক 2-মিথাইলবিউটান্যাল
খ 3-মিথাইলবিউটান্যাল
গ 2-মিথাইলবিউটানল-1
ঘ 2-মিথাইল বিউটানোয়িক এসিড

উদ্দীপক অনুসারে ১১ এবং ১২নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

$$RCH_2CH_2OH \xrightarrow[\Delta]{Al_2O_3} A + H_2O$$

১১. A যৌগটি কী?
ক অ্যালকোহল খ অ্যালকেন
গ অ্যালকাইন ঘ অ্যালকিন

১২. A যৌগটি–
i. CCl_4 এ দ্রবীভূত ব্রোমিন দ্রবণকে বর্ণহীন করে
ii. ইলেকট্রোফিলিক সংযোজন বিক্রিয়া দিয়ে থাকে
iii. হাইড্রোজেনের সাথে সংযোজন বিক্রিয়ায় অ্যালকেন উৎপন্ন করে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

১৩. $RCOONa + NaOH\ (CaO) \xrightarrow{\Delta} A + Na_2CO_3$
A যৌগটি কী?
ক অ্যালকিন
খ কার্বক্সিলিক এসিড
গ অ্যালকেন
ঘ অ্যালডিহাইড

১৪. $2Na_2S_2O_3(aq) + I_2(aq) \rightarrow Na_2S_4O_6(aq) + 2NaI(aq)$ বিক্রিয়াটিতে–
i. $Na_2S_2O_3$ এর জারণ ঘটেছে
ii. I_2 এর বিজারণ ঘটেছে
iii. S এর জারণমান হ্রাস পেয়েছে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

১৫. 50 g $CaCO_3$ এর তাপীয় বিয়োজনে উৎপন্ন CO_2 এর ভর কত গ্রাম?
ক 11 খ 22 গ 44 ঘ 88

১৬. কোনটি ভারী ধাতু?
ক Fe খ Cd গ Al ঘ K

১৭. 2, 4-ডাইনাইট্রোফিনাইল হাইড্রাজিনের সাথে বিক্রিয়া করে হলুদ বা লাল বর্ণের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে–
i. RCH_2CH_2OH
ii. $R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-R$ iii. $R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

১৮. ন্যানো কণার মাত্রা কত?
ক 1–100 nm খ 200–300 nm
গ 350–400 nm ঘ 450–600 nm

১৯. HPLC তে সচল মাধ্যম হিসেবে কী ব্যবহৃত হয়?
ক N_2 গ্যাস খ মিথানল ও পানি
গ অ্যালুমিনাজেল ঘ সিলিকাজেল

২০. SI এককে R এর মান কত?
ক 0.082 $JK^{-1} mol^{-1}$
খ 1.987 $JK^{-1} mol^{-1}$
গ 8.314 $JK^{-1} mol^{-1}$
ঘ 8.314×10^7 $JK^{-1} mol^{-1}$

২১. $Zn(s) \mid Zn^{2+}(aq) \parallel Cu^{2+}(aq) \mid Cu(s)$ কোষটির ক্যাথোডে সংঘটিত বিক্রিয়া কোনটি?
ক $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e$ খ $Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu$
গ $Zn^{2+} + 2e \rightarrow Zn$ ঘ $Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e$

২২. গ্যাস উৎপাদনের জন্য বাংলাদেশকে কতটি ব্লকে বিভক্ত করা হয়েছে?
ক 23 খ 26 গ 27 ঘ 29

২৩. সূক্ষ্ম ছাঁকনী দ্বারা কী করা হয়?
ক গ্যাস প্রবাহ থেকে বিষাক্ত গ্যাস পৃথক করা হয়
খ তরল মিশ্রণ থেকে উপাদানসমূহ পৃথক করা হয়
গ তরল প্রবাহ থেকে কঠিন উপাদান পৃথক করা হয়
ঘ গ্যাস প্রবাহ থেকে ধূলিকণা পৃথক করা হয়

উদ্দীপক অনুসারে ২৪ ও ২৫নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

$(R)_3C-Cl + KOH(aq) \rightarrow B + KCl$.
এখানে R হলো অ্যালকাইল মূলক

২৪. B যৌগটি–
i. 3° অ্যালকোহল
ii. 2° অ্যালকোহল
iii. লুকাস বিকারকের সাথে তাৎক্ষণিকভাবে অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

২৫. বিক্রিয়াটি কোন ধরনের?
ক নিউক্লিওফিলিক সংযোজন
খ নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন
গ ইলেকট্রোফিলিক সংযোজন
ঘ ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন

২৬. তামার প্রমাণ বিজারণ বিভব কত?
ক + 0.34 V খ + 0.80 V
গ +1.30 V ঘ +1.36V

২৭. – CONH মূলকে বিদ্যমান C – N বন্ধনটি কী?
ক পেপটাইড
খ α-গ্লাইকোসাইডিক
গ β-গ্লাইকোসাইডিক ঘ এস্টারিক

২৮. হাইড্রোজেন ফুয়েল সেলে–
i. কার্যদক্ষতা 60%
ii. জ্বালানি হিসেবে হাইড্রোজেন গ্যাস ব্যবহৃত হয়
iii. অ্যালকালির ঘনমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

২৯. $K_2Cr_2O_7 + FeSO_4 + H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + Fe_2(SO_4)_3 + H_2O$
বিক্রিয়াটিতে জারক ও বিজারকের মোলসংখ্যার অনুপাত কোনটি?
ক 1 : 6 খ 6 : 1 গ 7 : 1 ঘ 7 : 6

৩০. 27°C তাপমাত্রায় কোন গ্যাসটির RMS গতিবেগ বেশি?
ক N_2 খ H_2 গ O_2 ঘ Cl_2

৩১. কোন যৌগটি কার্বিল অ্যামিন বিক্রিয়া দেয়?
ক $(R)_2-NH$ খ $(R)_3-N$
গ $R-NH_2$ ঘ $R-\underset{\bigcirc}{NH}$

৩২. তেল + 3NaOH ⟶ A + সাবান
A যৌগটি–
i. একটি ট্রাইহাড্রিক অ্যালকোহল
ii. P_2O_5 এর সাথে বিক্রিয়া করে অ্যাক্রোলিন তৈরি করে
iii. প্রাণিজ চর্বিতে পাওয়া যায়
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

৩৩. ডেটলের মূল উপাদান কোনটি?
ক ক্লোরোজাইলিনল খ ক্লোরোবেনজিন
গ ক্লোরাল
ঘ বেনজিনহেক্সাক্লোরাইড

৩৪. ETP দিয়ে কী করা হয়?
ক বায়ু দূষণ রোধ করা হয়
খ শিল্পে উৎপাদন বৃদ্ধি করা হয়
গ বর্জ্য পানি পরিশোধন করা হয়
ঘ এসিড বৃষ্টি রোধ করা হয়

৩৫. 100 mL 0.1M Na_2CO_3 দ্রবণের জন্য কতটুকু Na_2CO_3 প্রয়োজন?
ক 1.06 g খ 1.22 g
গ 1.57 g ঘ 1.84 g

উত্তরমালা

১	ঘ	২	খ	৩	গ	৪	ক	৫	গ	৬	খ	৭	ঘ	৮	ক	৯	খ	১০	ক	১১	ঘ	১২	ঘ	১৩	গ	১৪	ক	১৫	খ	১৬	খ	১৭	খ	১৮	ক
১৯	খ	২০	গ	২১	খ	২২	ক	২৩	ঘ	২৪	গ	২৫	খ	২৬	ক	২৭	ক	২৮	ঘ	২৯	ক	৩০	খ	৩১	গ	৩২	ক	৩৩	ক	৩৪	গ	৩৫	ক		

সৃজনশীল ও বহুনির্বাচনি এইচএসসি পরীক্ষা ২০১৫-এর প্রশ্নপত্র ও উত্তরমালা

ঢাকা বোর্ড, ২০১৫

রসায়ন দ্বিতীয় পত্র

বিষয় কোড : 1 7 7

সময়–২ ঘণ্টা ১০ মিনিট

সৃজনশীল প্রশ্ন

পূর্ণমান–৪০

[দ্রষ্টব্য : ডান পাশের সংখ্যা প্রশ্নের পূর্ণমান জ্ঞাপক। নিচের উদ্দীপকগুলো মনোযোগ দিয়ে পড় এবং সংশ্লিষ্ট প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও। যে কোনো চারটি প্রশ্নের উত্তর দিতে হবে।]

১।



[গ্যাস দুইটি মিশ্রণের পর মিশ্রণটির পর্যবেক্ষিত মোট চপ = 0.9 atm.]

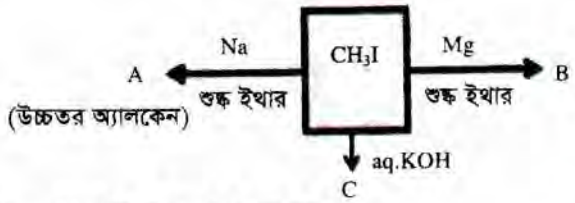
ক. আদর্শ গ্যাস কাকে বলে? ১

খ. হাকেল নিয়মটি ব্যাখ্যা কর। ২

গ. স্টপকর্ক বন্ধ থাকা অবস্থায় 25°C তাপমাত্রায় N_2 গ্যাসের অণুর সংখ্যা নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লেখিত পর্যবেক্ষিত মোট চাপ ডাল্টনের আংশিক চাপ সূত্র অনুসরণ করে কিনা বিশ্লেষণ কর। ৪

২।



ক. SI এককে R এর মান কত? ১

খ. অ্যামোনিয়া একটি লুইস ক্ষারক– ব্যাখ্যা কর। ২

গ. 'C' যৌগে বিদ্যমান কার্যকরী মূলক শনাক্তকরণের পরীক্ষা সমীকরণসহ লেখ। ৩

ঘ. 'B' এর আর্দ্র বিশ্লেষণে প্রাপ্ত যৌগটি 'A' এর সমগোত্রক কিনা মূল্যায়ন কর। ৪

৩। শিহান রাসায়নিক নিক্তির সাহায্যে অনার্দ্র Na_2CO_3 এর 2.65g মেপে 250 mL আয়তনের একটি পরিমাপক ফ্লাস্ক নিয়ে প্রয়োজনীয় পানি ঢেলে দ্রবণ তৈরি করে এবং সতর্কতার সাথে দ্রবণের আয়তন up to the mark করে।

ক. ইলেকট্রোফাইল কি? ১

খ. অম্লীয় $KMnO_4$ একটি জারক– ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকে প্রস্তুতকৃত দ্রবণটির ঘনমাত্রা ppm এককে নির্ণয় কর। ৩

ঘ. প্রস্তুত দ্রবণের 10 mL এর সাথে 10 mL ডেসিমোলার HCl দ্রবণ যোগ করলে মিশ্রণের প্রকৃতি কেমন হবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

৪। $\boxed{A} \xrightarrow[450°C]{Fe} C_6H_6 \xrightarrow[\text{অনার্দ্র } AlCl_3]{CH_3Cl} \boxed{B}$

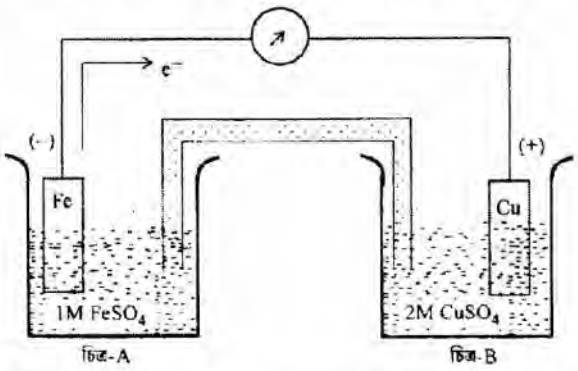
ক. এনানসিওমার কি? ১

খ. কোষে লবণ সেতুর ভূমিকা ব্যাখ্যা কর। ২

গ. A ও ইথিনের মধ্যে পার্থক্যসূচক বিক্রিয়া সমীকরণসহ লেখ। ৩

ঘ. C_6H_6 ও 'B' এর মধ্যে ইলেকট্রন আকর্ষী প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় কোনটি অধিক সক্রিয় কারণসহ বিশ্লেষণ কর। ৪

৫।



($E^\circ_{Fe/Fe^{2+}} = -0.44V$, $E^\circ_{Cu/Cu^{2+}} = +0.34V$, T = 298 K)

ক. প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ কাকে বলে? ১

খ. কোনো নমুনায় BOD অপেক্ষা COD এর মান বেশি হয় কেন? ২

গ. কোষটির e.m.f নির্ণয় কর। ৩

ঘ. 'B' পাত্রটি আয়রন নির্মিত হলে কোষটির দীর্ঘসময় সংরক্ষণের ক্ষেত্রে তোমার মতামত বিশ্লেষণ কর। ৪

৬। ইউরিয়া একটি নাইট্রোজেনঘটিত সার। পৃথিবীতে সার হিসেবে এর ব্যবহার ৩য় স্থানে।

ক. ব্যাপন কী? ১

খ. H_2O একটি উভধর্মী পদার্থ– ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকে উল্লেখিত সারটি প্রাকৃতিক গ্যাস থেকে তৈরির মূলনীতি লেখ। ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লেখিত সারটির উৎপাদন শিল্প হতে সৃষ্ট ক্ষতিকর প্রভাব বিশ্লেষণ কর। ৪

বহুনির্বাচনি অভীক্ষা

সময়–৩৫ মিনিট

পূর্ণমান–৩৫

[বিশেষ দ্রষ্টব্য : সরবরাহকৃত বহুনির্বাচনি অভীক্ষার উত্তরপত্রে প্রশ্নের ক্রমিক নম্বরের বিপরীতে প্রদত্ত বর্ণসম্বলিত বৃত্তসমূহ হতে সঠিক/সর্বোৎকৃষ্ট উত্তরের বৃত্তটি বল পয়েন্ট কলম দ্বারা সম্পূর্ণ ভরাট কর। প্রতিটি প্রশ্নের মান ১।]

১. দ্রবণের ঘনমাত্রা প্রকাশের একক কি?
i. শতকরা হার ii. পিপিএম iii. মোলারিটি
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

২. ইথাইন + $H_2 \xrightarrow[BaSO_4]{Pd} \boxed{X}$; 'X' কী?
ক $CH_3CH_2-SO_4H$
খ $CH_2 = CH_2$
গ CH_3-CH_3
ঘ C_6H_6

৩. নিচের কোনটি সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ?
ক সোডিয়াম অক্সালেট
খ পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট
গ অক্সালিক এসিড
ঘ সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড

৪. আমরা মাঝে মধ্যে পুকুরের মাছকে পানির উপরের অংশে হা করে শ্বাস নিতে দেখি। এ-অবস্থার কারণ কি?
ক পানির pH এর মান 7-এর বেশি
খ পানিতে দ্রবীভূত অক্সিজেন খুব কম
গ পানির TDS এর মান কম
ঘ পানির খরতার মাত্রা বেশি

নিচের বিক্রিয়াটি লক্ষ কর এবং পরবর্তী দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও :

$C_4H_9OH + ZnCl_2$ (অনার্দ্র) + HCl (conc)
(A)
কক্ষ তাপমাত্রা
⟶ বিক্রিয়া হয় না।

৫. উদ্দীপকের বিক্রিয়াটির জন্য সমাণুক 'A' যৌগটির নাম কি?
ক বিউটানল-১ খ বিউটানল-২
গ ২-মিথাইল প্রোপান্যাল
ঘ ২-মিথাইল প্রোপানল-২

৬. উদ্দীপকের বিক্রিয়ক যৌগ 'A' এর সাথে অতিরিক্ত পরিমাণ গাঢ় H_2SO_4 যোগ করা হলে উৎপন্ন যৌগটি কি হবে?
ক বিউটিন-১
খ ডাই-ইথাইল ইথার
গ বিউটিন-২
ঘ মিথইল প্রোপাইল ইথার

৭. ইউরিয়া প্রস্তুতির প্রধান কাঁচামাল কোনটি?
ক তরল বায়ু
খ তরলীকৃত পেট্রোলিয়াম গ্যাস
গ কার্বোনাইট্রাইল
ঘ কার্বামেট যৌগ

৮. নিচের কোন সেলটি পরিবেশ বান্ধব?
ক ফুয়েল সেল
খ লেড-সঞ্চয়ক ব্যাটারি
গ ক্যাডমিয়াম ব্যাটারি
ঘ লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারি

৯. কোনটি মুখ্য অনির্দেশক তড়িদ্দ্বার?
ক প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার
খ ক্যালোমেল তড়িদ্দ্বার
গ গ্লাস তড়িদ্দ্বার
ঘ ক্যাডমিয়াম তড়িদ্দ্বার

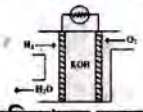
১০. 1 cm^3 1 M অম্লীয় $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ দ্বারা জারিত করতে কত গ্রাম Fe(II) আয়ন প্রয়োজন?
ক 33.5×10^{-2} g খ 3.550 g
গ 33.50 g ঘ 3.35×10^{3} g

১১. বায়ু দূষণের কারণ কোনটি?
i. দাবানল ii. ডিডিটি
iii. ফটোকেমিক্যাল স্মোগ
নিচের কোনটি সঠিক?
ক iii খ i ও ii
গ i ও iii ঘ ii ও iii

১২. ETP এর সঠিক পূর্ণরূপ কোনটি?
ক Effective Temperature and Pressure
খ Environmental Treatment Plant
গ Effluent Treatment Plant
ঘ Energy Producing Plant

১৩. নিচের কোন যৌগটি সিলভার দর্পণ পরীক্ষা দেয়?
ক প্রোপানোন খ প্রোপ্যান্যাল
গ প্রোপানল ঘ প্রোপাইন

নিচের উদ্দীপকের চিত্রটি লক্ষ কর এবং পরবর্তী দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও :



১৪. কোষটির তড়িচ্চালক বলের মান কত?
ক 0.76 V খ 1.10 V
গ 1.23 V ঘ 2.03 V

১৫. সঠিক কোষ বিক্রিয়া কোনটি?
ক $2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$
খ $2H_2O \longrightarrow 2H_2 + O_2$
গ $H_2 + O_2 \longrightarrow H_2O_2$
ঘ $H_2O + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O_2$

১৬. কার্বলিক এসিড বলা হয় কোনটিকে?
ক বেনজাইল অ্যালকোহল
খ হাইড্রক্সি বেনজিন
গ ক্রেসল ঘ মিথক্সি বেনজিন

১৭. একই শর্তাধীনে নিচের কোন গ্যাসটি ব্যাপিত হতে অধিক সময় লাগবে?
ক SO_2 খ CO_2 গ HCl ঘ NH_3

১৮. নিচে সবচেয়ে কম সক্রিয় ধাতু কোনটি?
ক গোল্ড খ প্লাটিনাম
গ সিলভার ঘ ক্রোমিয়াম

১৯. কয়লার সর্বাপেক্ষা বেশি ক্ষতিকারক উপাদানটি কি?
ক কার্বন খ নাইট্রোজেন
গ সালফার ঘ সিলিকন

২০. ইথানয়িক এসিড ও সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড-এর অনুমাপনে উপযুক্ত নির্দেশক কোনটি?
ক মিথাইল রেড খ মিথাইল অরেঞ্জ
গ ফেনলফথ্যালিন ঘ মিথাইল ইয়েলো

নিচের বিক্রিয়াটি দেখ এবং পরবর্তী দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও :

'Y' $\xrightarrow[\text{বিক্রিয়া-২}]{KOH(aq)}$ $H_3-CH_2-CH_2-CH_2Br$

$\xrightarrow[\text{বিক্রিয়া-১}]{KOH(alc)}$ 'X'

২১. উদ্দীপকের উৎপাদ 'X' যৌগটি হলো—
ক $CH_3-CH_2-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_3$
খ $CH_3-CH_2-CH=CH_2$
গ $CH_3-CH=CH-CH_3$
ঘ $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$

২২. বিক্রিয়া-২ কোন ধরনের?
ক প্রতিস্থাপন খ যুত
গ অপসারণ ঘ পুনর্বিন্যাস

২৩. ক্রোমিয়াম সালফেট দ্রবণে তিন ফ্যারাডে বিদ্যুৎ চালনা করলে ক্যাথোডে সঞ্চিত ক্রোমিয়ামের পরিমাণ কত?
(Cr-এর পারমাণবিক ভর 52)
ক 17.33 g খ 52 g গ 104 g ঘ 156 g

২৪. বেনজিন চক্রে $-NO_2$ মূলক থাকলে কোন কার্বনে ইলেকট্রন ঘনত্ব বেশি থাকে?
ক 2 খ 3 গ 4 ঘ 6

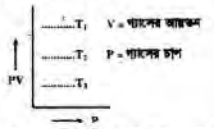
২৫. ঘূর্ণিঝড়ের জন্য দায়ী উপাদান কোনটি?
i. বায়ুর চাপ ii. বায়ুর ঘনত্ব iii. তাপমাত্রা
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

২৬. কোনটি লুইস অম্ল?
ক $AlCl_3$ খ NH_3
গ H_2O ঘ CH_3OH

২৭. 1 মোল অম্লীয় $KMnO_4$ রিডক্স বিক্রিয়ায় কত মোল ইলেকট্রন গ্রহণ করে?
ক 2 খ 3 গ 4 ঘ 5

২৮. রিসাইক্লিং-এর ফলে প্রাপ্ত সুবিধা হলো—
i. পণ্যের দাম কম হয়
ii. বর্জ্য ব্যবস্থাপনা সুষ্ঠু হয়
iii. পরিবেশ দূষণ কম হয়
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

২৯. নিচের লেখচিত্র দেখ :

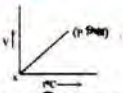


উদ্দীপকের লেখচিত্রটি কোন সূত্রের জন্য প্রযোজ্য?
ক অ্যাভোগেড্রোর সূত্র খ গ্রাহামের সূত্র
গ চার্লসের সূত্র ঘ বয়েলের সূত্র

৩০. জৈব যৌগে –OH মূলক শনাক্তকরণে নিম্নের কোন বিকারকটি ব্যবহৃত হয়?
ক NaOH খ Na
গ Na_2CO_3 ঘ HCl

৩১. 0.1 M ঘনমাত্রার Na_2CO_3 এর একটি জলীয় দ্রবণের ঘনমাত্রা ppm এককে কত?
ক 10.6 ppm
খ 1.06×10^{3} ppm
গ 10.6×10^{3} ppm
ঘ 10.06×10^{4} ppm

নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং পরবর্তী দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও :



৩২. 'X' বিন্দুতে তাপমাত্রা কত?
ক –300°C খ –273°C
গ –100°C ঘ 0°C

৩৩. বয়েলের সূত্রের সাথে উদ্দীপকের চিত্রের সমন্বয়ে গঠিত সম্পর্ক কোনটি?
ক PV = K খ PV = KT
গ $\frac{P}{T} = K$ ঘ $\frac{V}{T} = K$

৩৪.  + R – X $\xrightarrow[AlCl_3]{\text{অনার্দ্র}}$ উৎপাদ
উপরোক্ত বিক্রিয়াটিতে কোন ধরনের বিক্রিয়া ঘটে?
ক কেন্দ্রাকর্ষী প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া
খ কেন্দ্রাকর্ষী যুত বিক্রিয়া
গ ইলেকট্রনাকর্ষী প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া
ঘ ইলেকট্রনাকর্ষী যুত বিক্রিয়া

৩৫. 5% Na_2CO_3 দ্রবণের মোলারিটি কত?
ক 0.47 M খ 0.74 M
গ 0.89 M ঘ 0.98 M

উত্তরমালা

১	ঘ	২	খ	৩	ঘ	৪	খ	৫	ক	৬	ক	৭	খ	৮	ক	৯	ঘ	১০	ক	১১	গ	১২	গ	১৩	খ	১৪	গ	১৫	ক	১৬	খ	১৭	ক	১৮	ক
১৯	গ	২০	গ	২১	খ	২২	ক	২৩	খ	২৪	খ	২৫	ঘ	২৬	ক	২৭	ঘ	২৮	ঘ	২৯	ঘ	৩০	খ	৩১	গ	৩২	খ	৩৩	খ	৩৪	গ	৩৫	ক		

রাজশাহী বোর্ড, ২০১৫

রসায়ন দ্বিতীয় পত্র

বিষয় কোড : 1 7 7

সময়–২ ঘণ্টা ১০ মিনিট

সৃজনশীল প্রশ্ন

পূর্ণমান–৪০

[দ্রষ্টব্য : ডান পাশের সংখ্যা প্রশ্নের পূর্ণমান জ্ঞাপক। নিচের উদ্দীপকগুলো মনোযোগ দিয়ে পড় এবং সংশ্লিষ্ট প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও। যে কোনো **চারটি** প্রশ্নের উত্তর দিতে হবে।]

১। নিচের উদ্দীপকটি লক্ষ্য কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

$$A + HBr \longrightarrow \text{উৎপাদ}$$

(3 কার্বনবিশিষ্ট অ্যালকিন)

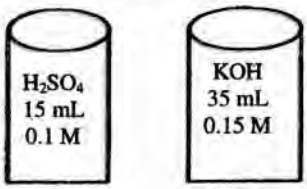
ক. প্রমাণ তড়িদ্দ্বার বিভব কি? ১

খ. জ্যামিতিক সমাণুতার শর্ত লিখ। ২

গ. A যৌগ থেকে একটি পলিমার প্রস্তুত কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের বিক্রিয়াটির কৌশল আলোচনা কর। ৪

২। নিচের উদ্দীপকটি লক্ষ্য কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



ক. কার্যকরী মূলক কি? ১

খ. মানবদেহে আর্সেনিকের প্রভাব ব্যাখ্যা কর। ২

গ. পাত্র-A এর দ্রবণে H_2SO_4 এর পরিমাণ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের পাত্রদ্বয়ের দ্রবণ মিশ্রিত করলে মিশ্রণের প্রকৃতি কিরূপ হবে? বিশ্লেষণ কর। ৪

৩। নিচের উদ্দীপকটি লক্ষ্য কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

(i) $P = \frac{n}{V}RT$

(ii) $\left(P + \frac{n^2a}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$

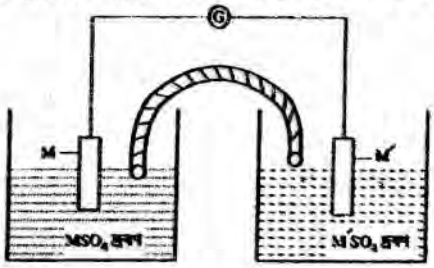
ক. STP কি? ১

খ. চামড়ার ট্যানিং-এ লবণযুক্ত করা হয় কেন? ২

গ. উদ্দীপকের (i) নং সমীকরণটি ব্যবহার করে গ্যাস মিশ্রণে গ্যাসের আংশিক চাপ, মোল, ভগ্নাংশ এবং মোট চাপের মধ্যে সম্পর্ক প্রতিপাদন কর। ৩

ঘ. (ii) নং সমীকরণটি বাস্তব গ্যাসের ক্ষেত্রে যথার্থ – বিশ্লেষণ কর। ৪

৪। নিচের উদ্দীপকটি লক্ষ্য কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



$E^\circ_{M/M^{2+}} = 0.76\ V$ $E^\circ_{M'/M'^{2+}} = -0.34\ V$

ক. কাইরাল কার্বন কি? ১

খ. গ্যাসের গতিতত্ত্বের দুইটি স্বীকার্য লিখ। ২

গ. উদ্দীপকের আলোকে কোষ বিক্রিয়াটির মোট কোষ বিভব নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের কোষটিতে সংঘটিত বিক্রিয়া সম্পন্ন করে কোষটি উপস্থাপন কর। ৪

৫। নিচের উদ্দীপকটি লক্ষ্য কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

টেক্সটাইল শিল্প → বর্জ্য পানি → নদী

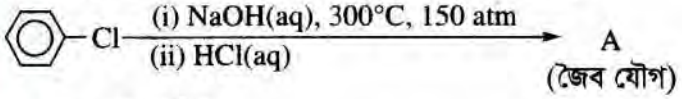
ক. COD কী? ১

খ. অনুবন্ধী অম্ল ও অনুবন্ধী ক্ষারক ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকের শিল্পটি কিভাবে পরিবেশকে দূষিত করে? আলোচনা কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত শিল্প কর্তৃক পরিবেশ দূষণ কিভাবে রোধ করা যায়? আলোচনা কর। ৪

৬। নিচের উদ্দীপকটি লক্ষ্য কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



ক. CFC কি? ১

খ. অ্যালডিহাইড ও কিটোনের পার্থক্যসূচক একটি পরীক্ষা লিখ। ২

গ. আলকাতরা থেকে 'A' যৌগের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। ৩

ঘ. 'A' যৌগটির জলীয় দ্রবণের প্রকৃতি বিশ্লেষণ কর। ৪

সময়–৩৫ মিনিট

বহুনির্বাচনি অভীক্ষা

পূর্ণমান–৩৫

[**বিশেষ দ্রষ্টব্য** : সরবরাহকৃত বহুনির্বাচনি অভীক্ষার উত্তরপত্রে প্রশ্নের ক্রমিক নম্বরের বিপরীতে প্রদত্ত বর্ণসম্বলিত বৃত্তসমূহ হতে সঠিক/সর্বোৎকৃষ্ট উত্তরের বৃত্তটি বল পয়েন্ট কলম দ্বারা সম্পূর্ণ ভরাট কর। প্রতিটি প্রশ্নের মান ১।]

১. **কোনটি বাড়লে কয়লার গুণগত মান বাড়ে?**
ক ছাই খ উদ্বায়ী পদার্থ
গ ফিক্সড কার্বন ঘ সালফার

২. **মুখ্য নির্দেশক তড়িদ্দ্বার হিসেবে ব্যবহৃত হয় কোনটি?**
ক প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িদ্দ্বার
খ ক্যালোমেল তড়িৎদ্বার
গ গ্লাস তড়িদ্দ্বার
ঘ ক্যাডমিয়াম তড়িদ্দ্বার

৩. **কোন ধরনের দূষক পানিতে দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণ হ্রাস করে?**
ক অজৈব দূষক খ জৈব দূষক
গ তেজস্ক্রিয় দূষক ঘ কণা জাতীয় দূষক

৪. **ব্রোমো এলকেনের সাথে জলীয় NaOH-এর বিক্রিয়াটি নিম্নের কোন কৌশলে হয়?**
ক ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন
খ কেন্দ্রাকর্ষী প্রতিস্থাপন
গ অপসারণ বিক্রিয়া ঘ সংযোজন বিক্রিয়া

৫. **জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ায় বিজারক পদার্থ–**
i. ইলেকট্রন বর্জন করে
ii. জারিত হয়
iii. ইলেকট্রন গ্রহণ করে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

৬. অ্যানিলিং একটি গুরুত্বপূর্ণ ধাপ–
ক চামড়া শিল্পে খ সিমেন্ট শিল্পে
গ কাচ শিল্পে ঘ কাগজ শিল্পে

৭. $C_4H_{10}O$ আণবিক সংকেতবিশিষ্ট আলোক সক্রিয় যৌগটি–
i. একটি 2° এ্যালকোহল
ii. একটি 3° এ্যালকোহল
iii. এর একটি কাইরাল কার্বন আছে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

■ নিচের উদ্দীপকটি লক্ষ কর এবং ৮ ও ৯নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

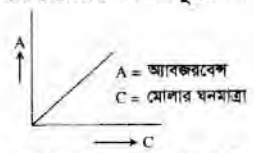
$Zn_{(s)}/Zn^{2+}_{(aq)}$ $E^\circ = +0.76$ V
$Fe_{(s)}/Fe^{2+}_{(aq)}$ $E^\circ = +0.44$ V
$Cu_{(s)}/Cu^{2+}_{(aq)}$ $E^\circ = -0.34$ V
তড়িদ্দ্বার তিনটি দ্বারা গঠিত দুটি কোষ হলো–
$Zn_{(s)}/Zn^{2+}_{(aq)} \parallel Fe^{2+}_{(aq)}/Fe_{(s)}$
$Zn_{(s)}/Zn^{2+}_{(aq)} \parallel Cu^{2+}_{(aq)}/Cu_{(s)}$

৮. গঠিত কোষসমূহ কোন তড়িদ্দ্বার হতে ধনাত্মক আয়ন দ্রবণে প্রবেশ করবে?
ক $Cu_{(s)}/Cu^{2+}_{(aq)}$ এবং $Fe_{(s)}/Fe^{2+}_{(aq)}$
খ $Cu_{(s)}/Cu^{2+}_{(aq)}$
গ $Fe_{(s)}/Fe^{2+}_{(aq)}$
ঘ $Zn_{(s)}/Zn^{2+}_{(aq)}$

৯. কোষ দুটিতে কোষ বিভবের মান যথাক্রমে–
ক + 1.20 V + 0.42 V
খ + 0.32 V + 0.42 V
গ + 0.32 V + 1.10 V
ঘ – 0.32 V – 0.10 V

১০. অম্লীয় $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা Fe^{2+} আয়ন কি হিসেবে কাজ করে?
ক নির্দেশক খ দর্শক আয়ন
গ জারক ঘ বিজারক

১১. নিচের লেখচিত্রটি কোন সূত্রকে সমর্থন করে?



ক বয়েলের সূত্র খ চার্লসের সূত্র
গ বিয়ার-ল্যাম্বার্টের সূত্র
ঘ ফ্যারাডের সূত্র

১২. এস্টারের অম্লীয় আর্দ্র বিশ্লেষণে কি উৎপন্ন হয়?
ক জৈব এসিড খ অ্যালডিহাইড
গ এনহাইড্রাইড ঘ অ্যামাইড

১৩. নিচের কোন সমীকরণটি বয়েলের সূত্র প্রকাশ করে?
ক $P_1T_1 = P_2T_2$ খ $P_1/T_1 = P_2/T_2$
গ $P_1V_1 = P_2V_2$ ঘ $P_1/V_1 = P_2/V_2$

■ নিচের বিক্রিয়াটি দেখ এবং ১৪ ও ১৫নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

$R-COONa + NaOH \xrightarrow{CaO,\ \Delta}$ 'B' + লবণ

১৪. 'B' যৌগটি কোন সমগোত্রীয় শ্রেণির অন্তর্ভুক্ত?
ক কার্বক্সিলিক এসিড খ অ্যালকেন
গ অ্যালকোহল ঘ অ্যালডিহাইড

১৫. 'B' যৌগটি–
ক ব্রোমিনের লাল দ্রবণকে বর্ণহীন করে
খ সংযোজন বিক্রিয়া দেয়
গ পলিমারকরণ বিক্রিয়া দেয়
ঘ এর সক্রিয়তা কম

১৬. গাড়িতে ব্যবহৃত লেড সঞ্চয়ক কোষে মাঝে মাঝে পানি দেওয়া হয় কেন?
ক কোষ শীতল রাখার জন্য
খ দ্রবণের pH সঠিক রাখার জন্য
গ ব্যাটারির কার্যক্ষমতা ঠিক রাখার জন্য
ঘ H_2SO_4 এর আপেক্ষিক গুরুত্ব সঠিক রাখার জন্য

১৭. M, N, P ও Q ধাতুসমূহের প্রমাণ বিজারণ বিভব হলো যথাক্রমে –2.92, –1.66, + 0.80 এবং + 1.36। কোনটি অধিক সক্রিয় ধাতু?
ক M খ N গ P ঘ Q

১৮. সিমেন্ট শিল্পের প্রধান কাঁচামাল কোনটি?
ক CaO খ Al_2O_3
গ MgO ঘ $CaCO_3.MgCO_3$

১৯. বৈশ্বিক উষ্ণতা সৃষ্টিতে প্রধান ভূমিকা রাখে কোনটি?
ক CO_2 খ CFC
গ জলীয় বাষ্প ঘ ওজোন

২০. দুটি গ্যাসের গড় গতিশক্তি কখন সমান হয়?
ক চাপ সমান হয়
খ আণবিক ভর সমান হয়
গ তাপমাত্রা সমান হয়
ঘ আয়তন সমান হয়

২১. নিচের কোন বিকারকটি ইথানল ও ইথানয়িক এসিড উভয়ের সাথেই বিক্রিয়া করবে?
ক NaOH খ Na
গ Na_2CO_3 ঘ H^+, $K_2Cr_2O_7$

২২. $CH_3-I + KCN_{(alc)} \xrightarrow{\Delta}$ 'A' কে আর্দ্র বিশ্লেষণ করলে পাওয়া যায়–
i. CH_3OH
ii. CH_3COOH
iii. NH_3
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

■ নিচের ছকটি লক্ষ কর এবং ২৩ ও ২৪নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

নমুনা	অম্ল	ক্ষারক
I	CH_3COOH	NH_4OH
II	CH_3COOH	NaOH
III	HCl	NH_4OH

২৩. II নং নমুনার টাইট্রেশনে ব্যবহৃত নির্দেশক কোনটি?
ক মিথাইল অরেঞ্জ খ লিটমাস
গ মিথাইল রেড ঘ ফেনলফথ্যালিন

২৪. কোন নমুনার প্রশমন তাপ স্থির মানের চেয়ে কম?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

২৫. 30 ml 0.1 M $FeSO_4$ এর অম্লীয় দ্রবণকে টাইট্রেশন করতে 30 ml কত ঘনমাত্রার $KMnO_4$ দ্রবণ লাগবে?
ক 0.01 M খ 0.02 M
গ 0.05 M ঘ 0.06 M

২৬. ন্যানোপার্টিকেলের আকার কত?
ক 1 – 100 nm খ 1 – 50 nm
গ 1 – 10 nm ঘ 0.1 – 0.5 nm

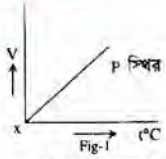
২৭. ETP কি?
ক বায়ু দূষণ অপসারণ
খ পানি দূষণ প্রক্রিয়া
গ শিল্পের তরল বর্জ্য দূষণমুক্ত করা
ঘ পরিবেশ দূষণমুক্ত করা

২৮. 5A বিদ্যুৎ 5 min ধরে $CuSO_4$ দ্রবণে প্রবাহিত করলে ক্যাথোডে কি পরিমাণ Cu সঞ্চিত হবে?
ক 9.87 g খ 4.96 g
গ 0.985 g ঘ 0.496 g

২৯. ppm = কত?
ক 1 mg/L খ 1 mg/mL
গ 1 µg/L ঘ 100 µg/L

৩০. 5% NaOH এর 1000 mL দ্রবণে কত গ্রাম NaOH থাকে?
ক 5 g খ 25 g গ 40 g ঘ 50 g

■ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং ৩১ ও ৩২ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :



৩১. 'x' বিন্দুতে তাপমাত্রা কত?
ক – 273°C খ – 100°C
গ 0°C ঘ 100°C

৩২. বয়েলের সূত্রের সাথে উদ্দীপকের উল্লেখিত Fig-1 এর সমন্বয়ে গঠিত সম্পর্ক কোনটি?
ক PV = K খ PV = KT
গ $\frac{P}{T} = K$ ঘ $\frac{V}{T} = K$

৩৩. কোন এলকোহলটি নিরুদিত হয়ে অ্যালকিন গঠন করতে পারে না?
ক CH_3OH খ CH_3CH_2OH
গ $CH_3CH(OH)CH_3$
ঘ $CH_3CH_2C(OH)(CH_3)_2$

৩৪. $IO_3^- + 5I^- + 6H^+ \longrightarrow 3I_2 + 3H_2O$; এখানে জারণ ঘটেছে–
ক IO_3^- খ I^-
গ H^+ ঘ IO_3^- ও I^- উভয়ের

৩৫. ব্রনস্টেড-লাউরী এসিড হিসেবে কাজ করে–
i. H_3O^+ ii. NH_4^+ iii. H_2O
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

উত্তরমালা

১	গ	২	ক	৩	খ	৪	খ	৫	ক	৬	গ	৭	খ	৮	ঘ	৯	গ	১০	ঘ	১১	গ	১২	ক	১৩	গ	১৪	খ	১৫	ঘ	১৬	ঘ	১৭	ক	১৮	ক
১৯	ক	২০	গ	২১	ঘ	২২	গ	২৩	ঘ	২৪	ঘ	২৫	খ	২৬	ক	২৭	গ	২৮	ঘ	২৯	ক	৩০	ঘ	৩১	ক	৩২	খ	৩৩	ক	৩৪	খ	৩৫	ঘ		

যশোর বোর্ড, ২০১৫

রসায়ন দ্বিতীয় পত্র

বিষয় কোড : 1 7 7

সময়—২ ঘণ্টা ১০ মিনিট

সৃজনশীল প্রশ্ন

পূর্ণমান—৪০

দ্রষ্টব্য : ডান পাশের সংখ্যা প্রশ্নের পূর্ণমান জ্ঞাপক। নিচের উদ্দীপকগুলো মনোযোগ দিয়ে পড় এবং সংশ্লিষ্ট প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও। যে কোনো **চারটি** প্রশ্নের উত্তর দিতে হবে।]

১ **উদ্দীপকটির আলোকে নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :**

ⓐ $X \xrightarrow{KHSO_4}$ অ্যাক্রোলিন;

ⓑ $Y + Br_2 \xrightarrow{H_2O}$ 2,4,6-ট্রাইব্রোমোফেনল;

ⓒ $\bigcirc \xrightarrow{HNO_3 + H_2SO_4} Z$.

ক. ন্যানো পার্টিক্যাল কী? ১

খ. বিয়ার-ল্যাম্বার্ট সূত্রটি ব্যাখ্যা কর। ২

গ. তৈল বা চর্বি হতে 'X' যৌগের সংশ্লেষণ বিক্রিয়াসহ লিখ। ৩

ঘ. Y ও Z এর সক্রিয়তার তুলনামূলক আলোচনা কর। ৪

২। **উদ্দীপকটির আলোকে নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :**

(i) $Cu^{2+} + I^- \longrightarrow Cu^+ + I_2$

(ii) $I_2 + S_2O_3^{2-} \longrightarrow S_4O_6^{2-} + I^-$

ক. ফুয়েল সেল কী? ১

খ. লবণ সেতুর গুরুত্ব কী? ২

গ. (i) নং বিক্রিয়া একটি রেডক্স বিক্রিয়া— ব্যাখ্যা কর। ৩

ঘ. উদ্দীপক দুটির আলোকে Cu^{2+} এর পরিমাণ নির্ণয়ের মাত্রিক সম্পর্ক প্রতিষ্ঠা কর। ৪

৩। উদ্দীপকটির আলোকে নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

20°C তাপমাত্রায় একটি LPG গ্যাস সিলিন্ডারে 12 kg বিউটেন গ্যাস ভর্তি আছে। সিলিন্ডারের আয়তন 20 লিটার।

ক. এসিড বৃষ্টি কী? ১

খ. সমগোত্রীয় শ্রেণি বলতে কী বুঝ? ২

গ. গ্যাস সিলিন্ডারের চাপ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত সিলিন্ডারে গ্যাস ভর্তির সময় গ্যাসের কোন সূত্রের প্রয়োগ ঘটবে? ব্যাখ্যা কর। ৪

৪। উদ্দীপকটির আলোকে নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

A এবং B দুটি রিচার্জেবল ব্যাটারি। ব্যাটারি A আইপিএস, মোটর গাড়িতে অপরদিকে ব্যাটারি B ল্যাপটপ, সেলফোন ইত্যাদিতে ব্যবহৃত হয়।

ক. প্লাস্টিসিটি কী? ১

খ. TDS বলতে কি বুঝ? ২

গ. A-এর কোষ বিক্রিয়া লিখ। ৩

ঘ. উদ্দীপকের A এর তুলনায় B অধিক পরিবেশ বান্ধব— বিশ্লেষণ কর। ৪

৫।



ক. পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট কাকে বলে? ১

খ. কাচ অত্যধিক শীতলীকৃত তরল— ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকে বর্ণিত কারখানা থেকে নির্গত দূষকসমূহের মানুষের উপর প্রভাব ব্যাখ্যা কর। ৩

ঘ. সিমেন্ট A এবং B ক্রিয়ানীতির পার্থক্যের কারণ বিশ্লেষণ কর। ৪

৬। উদ্দীপকটির আলোকে নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



ক. রিসাইক্লিং কী? ১

খ. বৈশ্বিক উষ্ণায়নে গ্রিন হাউজ গ্যাসের ভূমিকা ব্যাখ্যা কর। ২

গ. Y-পাত্রের দ্রবণের ঘনমাত্রা ppm এককে নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের Z পাত্রের দ্রবণের প্রকৃতি কিরূপ হবে? যুক্তিসহ বিশ্লেষণ কর। ৪

সময়—৩৫ মিনিট

বহুনির্বাচনি অভীক্ষা

পূর্ণমান—৩৫

[বিশেষ দ্রষ্টব্য : সরবরাহকৃত বহুনির্বাচনি অভীক্ষার উত্তরপত্রে প্রশ্নের ক্রমিক নম্বরের বিপরীতে প্রদত্ত বর্ণসম্বলিত বৃত্তসমূহ হতে সঠিক/সর্বোৎকৃষ্ট উত্তরের বৃত্তটি বল পয়েন্ট কলম দ্বারা সম্পূর্ণ ভরাট কর। প্রতিটি প্রশ্নের মান ১।]

১. **বিক্রিয়াকালে $K_2Cr_2O_7$ কতটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে?**
ⓚ ৪ ⓛ ৫ ⓜ ৬ ⓝ ৭

২. **আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে নিম্নের কোন তথ্যটি সঠিক?**
ⓚ গ্যাস অণুর গড় গতিশক্তি পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক
ⓛ নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় সব অণুর গড় গতিশক্তি সমান নয়
ⓜ গ্যাস অণুগুলো গোলাকার নয়
ⓝ গ্যাস অণুগুলো সম্পূর্ণ স্থিতিস্থাপক নয়

৩. **ন্যানো কণার বৈশিষ্ট্য নয় কোনটি?**
ⓚ সাধারণ পরমাণুর চেয়ে আকারে ছোট
ⓛ অবলোহিত আলোতে দেখা যায়
ⓜ দৃশ্যমান আলোতে দেখা যায় না
ⓝ প্যারাচুম্বক ধর্ম প্রদর্শন করে

৪. **নিচের কোনটি লুইস ক্ষারক?**
ⓚ $AlCl_3$ ⓛ CO
ⓜ $FeCl_3$ ⓝ SO_3

৫. **'Milk of lime' বলা হয়—**
ⓚ CaO ⓛ $CaCO_3$
ⓜ $Ca(OH)_2$ ⓝ NaOH.CaO

৬. **ন্যানো কণার দৈর্ঘ্য—**
ⓚ 10–100 nm ⓛ 1–100 nm
ⓜ 1–10 nm ⓝ 1–1000 nm

৭. **এসিড বৃষ্টির জন্য দায়ী—**
ⓚ O_2 ⓛ CO ⓜ CO_2 ⓝ SO_2

নিচের সমীকরণ থেকে ৮ ও ৯নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

$Na_2S_2O_3 + I_2 \longrightarrow Na_2S_4O_6 + NaI$

৮. **সালফার (S) এর জারণ মান কত একক বৃদ্ধি পেয়েছে?**
ⓚ + 0.5 ⓛ + 1 ⓜ + 2 ⓝ + 2.5

৯. নিচের তথ্যগুলো লক্ষ কর–
i. I_2 জারক
ii. I_2 এর জারণ ঘটেছে
iii. $Na_2S_2O_3$ জারক
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i খ ii ও iii
গ iii ঘ i ও ii

১০. S_N2 বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে নিম্নের তথ্যগুলো লক্ষ কর :
i. এ বিক্রিয়া ২ ধাপে সম্পন্ন হয়
ii. এ জাতীয় বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে সক্রিয়তা ক্রম $CH_3–X > 1°RX > 2° RX > 3° RX$
iii. এ বিক্রিয়ার গতিবেগ শুধুমাত্র হ্যালোজেনো অ্যালকেনের ঘনমাত্রার উপর নির্ভরশীল নয়
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

১১. নাইলন 6 : 6 এর ক্ষেত্রে 6 ও 6 সংখ্যা দুইটি নির্দেশ করে–
ক নাইট্রোজেন সংখ্যা খ পলিমার সংখ্যা
গ কার্বন সংখ্যা ঘ নাইলনের সংখ্যা

১২. বেনজিন বলয়ে ২টি প্রতিস্থাপক যুক্ত থাকলে, যৌগটির কয়টি সমাণু সম্ভব?
ক ১ খ ২ গ ৩ ঘ ৪

১৩. লেড স্টোরেজ ব্যাটারির অভ্যন্তরীণ রোধ কত ওহম?
ক 0.80 খ 0.50 গ 0.02 ঘ 0.01

১৪. বিশুদ্ধ পানির pH কত?
ক 6.50 খ 7.50 গ 7.00 ঘ 8.50

নিচের সমীকরণ থেকে ১৫ ও ১৬নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

$$P + H_2O \xrightarrow[20\%\ 2H^+]{2\%\ Hg^{2+}} Q \xrightarrow[\text{পুনর্বিন্যাস}]{\text{তাপীয়}} R$$

এক্ষেত্রে Q ও R পরস্পর আইসোমার

১৫. R যৌগের ক্ষেত্রে–
i. কার্বনাইল মূলক বিদ্যমান
ii. 2, 4-DNP পরীক্ষা দ্বারা একটিমাত্র কার্যকরী মূলক নিশ্চিত প্রমাণ পাওয়া যায়
iii. টলেন বিকারক সহবিক্রিয়া দেয়
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও iii খ ii ও iii
গ i ও ii ঘ i, ii ও iii

১৬. P-এর ক্ষেত্রে–
i. দ্বি-বন্ধন বিদ্যমান
ii. ত্রি-বন্ধন বিদ্যমান
iii. π (পাই) বন্ধনের সংখ্যা ২টি
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও iii খ ii ও iii
গ iii ঘ কোনোটিই নয়

১৭. প্রমাণ অবস্থায় ১ মোল গ্যাসের আয়তন–
ক 22.4 m^3 খ 22.4×10^{-3} m^3
গ 22400 m^3 ঘ 22.4×10^3 m^3

১৮. কোনটি সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ?
ক Na_2CO_3 খ $H_2C_2O_4$
গ HNO_3 ঘ $K_2Cr_2O_7$

১৯. ETP কী?
ক তরল বর্জ্য প্রক্রিয়াকরণ
খ প্রাকৃতিক পলিমার
গ কঠিন বর্জ্য পচন প্রক্রিয়া
ঘ রিসাইক্লিং প্রক্রিয়া

২০. ইউরিয়া শিল্পের কাঁচামাল কোনটি?
ক লিগনিন খ ফেলস্পার
গ নাইট্রোজেন ঘ অ্যামোনিয়া

২১. কোন যৌগটি অম্লধর্মী?
ক $R–CH_2CH_2CH = CH_2$
খ $RCH_2 = CH_2$
গ $R–CH_2C \equiv CH$
ঘ $R\ CH_2CH_2–CH_3$

২২. নিউক্লিওফিলিক যুত বিক্রিয়া দেয়–
i. >CO
ii. –CHO
iii. $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও iii খ i ও ii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

২৩. 10% Na_2CO_3 দ্রবণের ঘনমাত্রা–
ক 1.94 M খ 0.0954 M
গ 9.15 M ঘ 0.943 M

২৪. তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য–
ক অ্যানোডে অধাতু এবং ক্যাথোডে ধাতু জমা হয়
খ অ্যানোডে ধাতু এবং ক্যাথোডে অধাতু জমা হয়
গ ইলেকট্রন ক্যাথোড থেকে অ্যানোডে প্রবাহিত হয়
ঘ দ্রবণের ঘনমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে

২৫. $C_3H_6O_2$ যৌগের সম্ভাব্য সমাণু কয়টি?
ক ১ খ ২ গ ৩ ঘ ৪

২৬. হেক্সিন–3 দেখায়–
ক cis-trans সমাণুতা
খ আলোক সমাণুতা
গ কার্যকরী মূলক সমাণুতা
ঘ এনানসিওমার

২৭. বাংলাদেশে পাল্প প্রস্তুতিতে বেশি ব্যবহার করা হয়–
i. বাঁশ
ii. পাট
iii. পরিত্যক্ত কাগজ
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i খ ii
গ i ও ii ঘ i, ii ও iii

নিচের সমীকরণটি লক্ষ কর এবং ২৮ ও ২৯নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

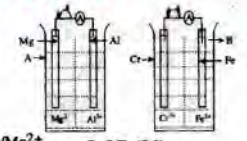
$$CH_3CH_2CO_2H + CH_3CH_2OH \xrightarrow{\Delta} A + H_2O$$

২৮. 'A' যৌগের সংকেত–
ক $CH_3CH_2CH_2CH_2COOH$
খ $CH_3CH_2–\overset{\overset{O}{\|}}{C}–O\ CH_2CH_3$
গ $CH_3CH_2–\overset{\overset{O}{\|}}{C}–O–\overset{\overset{O}{\|}}{C}–CH_3$
ঘ $CH_3–\overset{\overset{O}{\|}}{C}–O–\overset{\overset{O}{\|}}{C}–CH_3$

২৯. 'A' যৌগটি–
i. এসিড ii. এস্টার iii. অ্যানহাইড্রাইড
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i খ ii গ iii ঘ i ও ii

৩০. অ্যানোড তড়িদ্দ্বারে ঘটে–
ক ধাতব আয়ন আগমন
খ ধাতব আয়ন নির্গমন
গ বিজারণ ঘ জারণ

উদ্দীপকটি লক্ষ কর এবং ৩১ ও ৩২নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

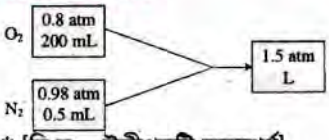


$E_0^{Mg/Mg^{2+}} = +2.37$ (V)
$E_0^{Cr/Cr^{3+}} = +0.77$ (V)
$E_0^{Al/Al^{3+}} = +1.66$ (V)
$E_0^{Fe/Fe^{2+}} = +0.44$ (V)

৩১. উদ্দীপকের ক্ষেত্রে–
i. A উজ্জ্বল আলো প্রদর্শন করে
ii. B উজ্জ্বল আলো প্রদর্শন করে
iii. উভয়ক্ষেত্রে তাপ শক্তি তড়িৎ শক্তিতে পরিণত হয়
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

৩২. উদ্দীপকের ধাতব পরমাণুসমূহের অধাতব প্রকৃতির ক্রম–
ক Al > Fe > Cr > Mg
খ Mg > Al > Cr > Fe
গ Al > Cr > Fe > Mg
ঘ Fe > Cr > Al > Mg

নিচের উপাত্ত লক্ষ কর এবং ৩৩ ও ৩৪নং প্রশ্নের উত্তর দাও :



* [বি.দ্র. : উদ্দীপকটি অসম্পূর্ণ]

৩৩. মিশ্রণের মোট চাপ কত?
ক 0.458 atm খ 2.458 atm
গ 0.439 atm ঘ 0.434 atm

৩৪. মিশ্রণে N_2 এর আংশিক চাপ কত?
ক 0.327 atm খ 0.367 atm
গ 0.231 atm ঘ 0.207 atm

৩৫. কোনটি স্বতঃস্ফূর্ততার শর্ত?
i. $E°_{cell}$ এর মান + হলে
ii. $\Delta G°$ এর মান – হলে
iii. $\Delta G°$ এর মান + হলে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

উত্তরমালা

১	গ	২	ক	৩	খ	৪	খ	৫	গ	৬	খ	৭	ঘ	৮	ক	৯	ক	১০	গ	১১	গ	১২	গ	১৩	গ	১৪	গ	১৫	ক	১৬	খ	১৭	খ	১৮	গ
১৯	ক	২০	ঘ	২১	গ	২২	খ	২৩	ঘ	২৪	গ	২৫	গ	২৬	ক	২৭	ঘ	২৮	খ	২৯	খ	৩০	ঘ	৩১	ক	৩২	ঘ	৩৩	*	৩৪	*	৩৫	ক		

কুমিল্লা বোর্ড, ২০১৫
রসায়ন দ্বিতীয় পত্র

বিষয় কোড : 1 7 7

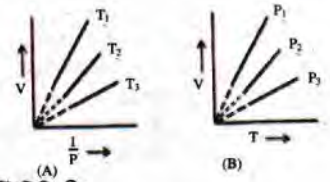
সময়–২ ঘণ্টা ১০ মিনিট

সৃজনশীল প্রশ্ন

পূর্ণমান–৪০

[দ্রষ্টব্য : ডান পাশের সংখ্যা প্রশ্নের পূর্ণমান জ্ঞাপক। নিচের উদ্দীপকগুলো মনোযোগ দিয়ে পড় এবং সংশ্লিষ্ট প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও। যে কোনো চারটি প্রশ্নের উত্তর দিতে হবে।]

১।



ক. প্লাস্টিসিটি কী? ১

খ. NaCl দ্রবণ তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহী– কেন? ২

গ. B নং লেখচিত্রটি যে গ্যাস সূত্রটিকে সমর্থন করে তার ব্যাখ্যা দাও। ৩

ঘ. উদ্দীপকের A ও B লেখচিত্রে সমর্থিত গ্যাসসূত্রসমূহ সমন্বয় সমীকরণ প্রতিষ্ঠা করে, বাস্তব গ্যাসের ক্ষেত্রে এ সমীকরণের প্রযোজ্যতা ব্যাখ্যা কর। ৪

২। $C_3H_4 + H_2 \xrightarrow[BaSO_4]{Pd} \underset{(A)}{\boxed{B}} \xrightarrow[CCl_4]{O_3} \boxed{\text{অন্তর্বর্তী অবস্থা}} \xrightarrow[H_2O]{Zn} \boxed{C} + \boxed{D} + ZnO + H_2O$

(C যৌগ দুই কার্বনবিশিষ্ট)

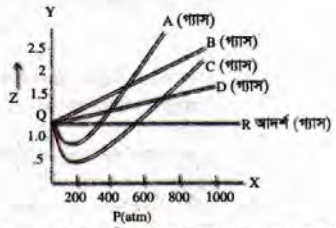
ক. কার্বলিক এসিডের সংকেতটি লিখ। ১

খ. $C_6H_5NH_2$ অপেক্ষা CH_3NH_2 তীব্র ক্ষারক কেন? ২

গ. A, B জৈব যৌগ দুটিকে এদের মিশ্রণ হতে কিভাবে পৃথক করবে? সমীকরণসহ লিখ। ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লেখিত C যৌগটি অ্যালডল ঘনীভবন বিক্রিয়া প্রদর্শন করে, কিন্তু D যৌগটি উক্ত বিক্রিয়া করে না– ব্যাখ্যা কর। ৪

৩।



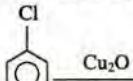
A, B, C, D এর আণবিক ভর যথাক্রমে ২৮, ২, ৪৪, ৪ এবং Z হলো সংকোচনশীলতা গুণাংক।

ক. রেসিমিক মিশ্রণ কী? ১

খ. HNO_3 অপেক্ষা H_3PO_4 দুর্বল এসিড কেন? ২

গ. উদ্দীপকের QD রেখাটি কোন শর্তে QR রেখার মত হয়– ব্যাখ্যা কর। ৩

ঘ. লেখচিত্রে উল্লেখিত A, B, C গ্যাসগুলোর মধ্যে কোনটিকে সহজে তরল করা সম্ভব– বিশ্লেষণ কর। ৪

৪।  $\xrightarrow[NH_3\,200°C]{Cu_2O} \boxed{B} + Cu_2Cl_2 + H_2O$

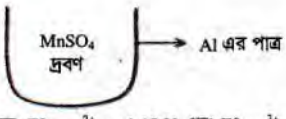
ক. প্যারাসিটামলের সংকেতটি লিখ। ১

খ. হাইড্রোজেন তড়িদ্দ্বারকে মুখ্য নির্দেশক তড়িদ্দ্বার বলা হয়– কেন? ২

গ. উদ্দীপকের B যৌগটিকে কিভাবে শনাক্ত করবে বিক্রিয়াসহ লিখ। ৩

ঘ. উদ্দীপকে B যৌগের হ্যালোজেনেশন ও নাইট্রেশন বিক্রিয়ায় ভিন্ন ভিন্ন অবস্থানে প্রতিস্থাপন হয়– ব্যাখ্যা কর। ৪

৫।



[দেওয়া আছে, $E^\circ_{Mn/Mn^{2+}} = +1.18$ V এবং $E^\circ_{Al/Al^{3+}} = +1.66$ V]

ক. ফ্যারাডের প্রথম সূত্রটি বিবৃত কর। ১

খ. HCl গ্যাসের ব্যাপন হার NH_3 গ্যাস অপেক্ষা কম কেন? ২

গ. উদ্দীপকে Al পাত্রে সংঘটিত অর্ধকোষ বিক্রিয়া ও কোষ বিক্রিয়া লিখ। ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লেখিত পাত্রটি কিছুদিন পর ছিদ্র হয়ে যাবে কেন? ব্যাখ্যা কর। ৪

৬।



ক. ন্যানো পার্টিক্যাল কী? ১

খ. সেলুলোজ β – D গ্লুকোজের পলিমার – কেন? ২

গ. উদ্দীপকে উল্লেখিত A ও C দ্রবণকে মিশ্রিত করলে সংঘটিত বিক্রিয়াকে আয়ন ইলেক্ট্রন পদ্ধতিতে সমতা কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লেখিত A ও B দ্রবণ ব্যবহার করে C দ্রবণে লোহার পরিমাণ নির্ণয় কর। ৪

সময়–৩৫ মিনিট

বহুনির্বাচনি অভীক্ষা

পূর্ণমান–৩৫

[বিশেষ দ্রষ্টব্য : সরবরাহকৃত বহুনির্বাচনি অভীক্ষার উত্তরপত্রে প্রশ্নের ক্রমিক নম্বরের বিপরীতে প্রদত্ত বর্ণসম্বলিত বৃত্তসমূহ হতে সঠিক/সর্বোৎকৃষ্ট উত্তরের বৃত্তটি বল পয়েন্ট কলম দ্বারা সম্পূর্ণ ভরাট কর। প্রতিটি প্রশ্নের মান ১।]

১. ইলেক্ট্রোফাইল হলো–

i. $AlCl_3$
ii. BF_3
iii. $BeCl_2$

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

২. রিডক্স বিক্রিয়ার উদাহরণ–

i. $Na + Cl_2 \longrightarrow NaCl$
ii. $FeCl_2 + Cl_2 \longrightarrow FeCl_3$
iii. $NH_4OH + HCl \longrightarrow NH_4Cl + H_2O$

নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

৩. মোলার গ্যাস ধ্রুবকের মাত্রা-সমীকরণ হলো–
ক কাজ$^{-1}$ K^{-1} মোল$^{-1}$
খ কাজ K^{-1} মোল$^{-1}$
গ কাজ K^{-1} মোল
ঘ কাজ$^{-1}$ K মোল$^{-1}$

■ উদ্দীপক হতে ৪ ও ৫নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

$$CH_3COCl \xrightarrow{\Delta} CH_3CHO + HCl$$
$$\downarrow CH_3CH_2OH$$
$$B$$

৪. A বিকারকটি হলো–
ক Zn – Hg/HCl খ Pd – $BaSO_4$, H_2
গ $Cu(NH_3)_2Cl$ ঘ $Ag(NH_3)_2NO_3$

৫. নিচের কোনটি উৎপাদ B-এর সংকেত?
ক CH_3CONH_2
খ CH_3COOH
গ $CH_3COOC_2H_5$
ঘ $CH_3CH_2CH_2CHO$

৬. গ্লিসারিন শনাক্তকারী পরীক্ষায় যে যৌগ উৎপন্ন হয় তার নাম হলো–
ক ২-প্রোপিন-১-অ্যাল
খ ২-প্রোপাইন-১-অ্যাল
গ ২-হাইড্রোক্সি প্রোপিন-১
ঘ ২-প্রোপিন

৭. 10 gm বিশুদ্ধ $CaCO_3$ কে উত্তপ্ত করলে STP তে কত লিটার CO_2 গ্যাস পাওয়া যাবে?
ক 0.224 খ 2.24
গ 22.4 ঘ 224.0

৮. 32 gm অক্সিজেনের জন্য ভ্যান্ডার ওয়াল সমীকরণ কোনটি?
ক $\left(P+\frac{a}{V^2}\right)(V-b)=RT$
খ $\left(P+\frac{4a}{V^2}\right)(V-2b)=2RT$
গ $\left(P+\frac{9a}{V^2}\right)(V-3b)=3RT$
ঘ $\left(P+\frac{2a}{V^2}\right)(V-2b)=2RT$

৯. নিচের কোনটি সিরামিক শিল্পে প্রধান কাঁচামাল হিসেবে ব্যবহৃত হয়?
ক চুনাপাথর খ চায়না ক্লে
গ বোরাক্স ঘ ক্রায়োলাইট

১০. $E°M_1^{2+}/M_1 = 0.34$ V এবং $E°M_2^{2+}/M_2 = 2.30$ V অর্ধকোষ দুইটি দ্বারা গঠিত কোষের বিভব কত?
ক – 1.96 V খ + 1.96 V
গ – 2.64 V ঘ + 2.65 V

১১. প্রোপানোন সাধারণত কোন ধরনের সমাণুতা প্রদর্শন করে?
ক শিকল সমাণুতা খ মেটামারিতা
গ টটোমারিতা ঘ আলোক সমাণুতা

১২. $Al^{3+} + 3e^- \longrightarrow$ A-এ বিক্রিয়ায় 9 gm Al ধাতু উৎপাদনে প্রয়োজনীয় বিদ্যুতের পরিমাণ কত?
ক 1 F খ 3 F গ 9 F ঘ 27 F

১৩. নিচের কোন বিক্রিয়াটিকে জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া হিসেবে গণ্য করা যেতে পারে?
ক $Cu^{2+} + 4NH_3 = [Cu(NH_3)_4]^{2+}$
খ $NH_3 + H^+ = NH_4^+$
গ $Ca^{2+} + F^- = CaF_2$
ঘ $Cl_2 + OH^- = Cl^- + ClO^- + H_2O$

১৪. A ও B গ্যাসের মোল সংখ্যা যথাক্রমে 10 ও 30, মিশ্রণের মোট চাপ 12 atm হলে A গ্যাসের আংশিক চাপ–
ক 3 atm খ 9 atm
গ 16 atm ঘ 48 atm

১৫. নিচের কোনটি জারক ও বিজারক উভয় হিসেবে আচরণ করে?
ক Fe^{3+} খ Fe^{2+}
গ Sn^{4+} ঘ Hg^{2+}

১৬. বাংলাদেশে নিচের কোন ক্ষেত্রে প্রাকৃতিক গ্যাস সর্বাধিক ব্যবহৃত হয়?
ক ইউরিয়া উৎপাদনে খ পরিবহন খাতে
গ বিদ্যুৎ উৎপাদনে ঘ রান্নার কাজে

১৭. পলিমারের ক্ষেত্রে–
i. বেনজিনের মনোমার ইথাইন
ii. প্রোটিনের মনোমার α-অ্যামাইনো এসিড
iii. টেফলনের মনোমার ইথিলিন
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

১৮. নিচের কোন গ্যাসটির ব্যাপন হার সর্বাধিক?
ক NH_3 খ CH_4
গ N_2 ঘ CO

১৯. $HCO_3^- + H_2O \longrightarrow$ উৎপাদ
এই বিক্রিয়ায় H_2O এর অনুবন্ধী অম্ল কোনটি?
ক HCO_3^- খ H_2CO_3
গ CO_3^{2-} ঘ H_3O^+

■ নিচের তথ্যটি পড় এবং ২০ ও ২১নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

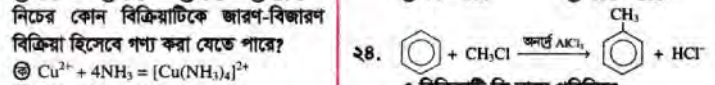
$A + Br_2 + NaOH \longrightarrow CH_3NH_2$
$A + P_2O_5 \longrightarrow CH_3CN$

২০. A যৌগের সংকেত কোনটি?
ক CH_3CONH_2 খ $CH_3CH_2NH_2$
গ CH_3COCl ঘ CH_3CN

২১. A যৌগ হতে CH_3CN উৎপাদ তৈরির বিক্রিয়াটি হলো–
ক সংযোজন বিক্রিয়া
খ প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া
গ অপসারণ বিক্রিয়া ঘ প্রশমন বিক্রিয়া

২২. নিচের কোনটি সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ?
ক Na_2CO_3 খ $K_2Cr_2O_7$
গ $H_2C_2O_4.2H_2O$ ঘ $KMnO_4$

২৩. মেসোস্ফিয়ার এর উচ্চতা কত কি.মি. পর্যন্ত বিস্তৃত?
ক 5 – 10 খ 10 – 40
গ 50 – 100 ঘ 150 – 200

২৪. 
এ বিক্রিয়াটি কি নামে পরিচিত?
ক উর্টজ বিক্রিয়া
খ উর্টজ-ফিটিগ বিক্রিয়া
গ ফ্রিডেল-ক্রাফট বিক্রিয়া
ঘ উইলিয়ামসন বিক্রিয়া

২৫. 302 K তাপমাত্রায় 3 gm N_2 এর মোট গতিশক্তি কত?
ক 403 J খ 806 J গ 831 J ঘ 1612 J

২৬. প্রমাণ হাইড্রোজেন গ্যাস তড়িদ্‌দ্বার তৈরির শর্ত–
i. দ্রবণের ঘনমাত্রা 1 mol L^{-1}
ii. গ্যাসের চাপ 1 atm
iii. তাপমাত্রা 298 K
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

২৭. ন্যানোর কণার আকার কিরূপ?
ক 1–100 nm খ 100–500 nm
গ 500–2500 nm ঘ 2500–10000 nm

২৮. $CH_3–\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}–OH$ যৌগের নাম হলো–
i. ডাই-মিথাইল কার্বিনল
ii. প্রোপানল-২
iii. আইসো প্রোপাইল অ্যালকোহল
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

২৯. অ্যারোমেটিক বলয় সক্রিয়কারী মূলক কোনটি?
ক – CHO খ – COOH
গ $– NO_2$ ঘ $– NH_2$

৩০. HCO_3^- এর অনুবন্ধী ক্ষারক কোনটি?
ক H_2CO_3 খ CO_3^{2-}
গ H_3O^+ ঘ $H_3CO_3^+$

৩১. মানব শরীরে নিম্নের কোন ধাতুর আধিক্য রক্তে হিমোগ্লোবিন উৎপাদনে বাধা প্রদান করে?
ক Cd খ Cr গ Fe ঘ Pb

৩২. H_2O_2 যৌগে অক্সিজেনের জারণ মান কত?
ক – 1 খ – 2 গ + 1 ঘ + 2

৩৩. লবণ সেতুতে নিচের কোন লবণটি ব্যবহৃত হয়?
ক $CaCl_2$ খ $CuCl_2$
গ KCl ঘ $Al_2(SO_4)_3$

৩৪. 10 mL 0.1 M NaOH দ্রবণে কত গ্রাম NaOH বিদ্যমান?
ক 0.004 g খ 0.04 g
গ 0.4 g ঘ 4.0 g

৩৫. ইউরিয়াতে নাইট্রোজেনের পরিমাণ কত?
ক 35% খ 46%
গ 54% ঘ 71%

উত্তরমালা

১	ঘ	২	ক	৩	খ	৪	ক	৫	গ	৬	ক	৭	খ	৮	খ	৯	খ	১০	ঘ	১১	গ	১২	ক	১৩	ঘ	১৪	ক	১৫	খ	১৬	গ	১৭	ক	১৮	খ
১৯	ঘ	২০	ক	২১	গ	২২	ঘ	২৩	গ	২৪	গ	২৫	ক	২৬	ঘ	২৭	ক	২৮	ঘ	২৯	ঘ	৩০	খ	৩১	ঘ	৩২	ক	৩৩	গ	৩৪	খ	৩৫	খ		

চট্টগ্রাম বোর্ড, ২০১৫

রসায়ন দ্বিতীয় পত্র

বিষয় কোড : 1 7 7

সময়–২ ঘণ্টা ১০ মিনিট

সৃজনশীল প্রশ্ন

পূর্ণমান–৪০

[**দ্রষ্টব্য :** ডান পাশের সংখ্যা প্রশ্নের পূর্ণমান জ্ঞাপক। নিচের উদ্দীপকগুলো মনোযোগ দিয়ে পড় এবং সংশ্লিষ্ট প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও। যে কোনো **চারটি** প্রশ্নের উত্তর দিতে হবে।]

১।



ক. কার্যকরী মূলক কী? ১

খ. মার্কনিকভের সূত্র উদাহরণসহ লিখ। ২

গ. স্টপকর্ক খুলে দিলে গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ কত হবে হিসাব কর। ৩

ঘ. একই উষ্ণতা ও চাপে A ও B এর মধ্যে কোনটির ব্যাপন হার বেশি হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

২। C_3H_6O সংকেতবিশিষ্ট দুটি সমাণু A ও B উভয়ই 2, 4-DNP এর সাথে হলুদ অধঃক্ষেপ দেয়। A টলেন বিকারকের সাথে বিক্রিয়া করলেও B বিক্রিয়া করে না।

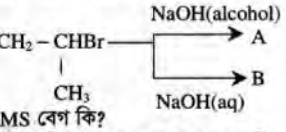
ক. ন্যানো প্রযুক্তি কি? ১

খ. পানির BOD 5 mg/L বলতে কি বুঝ? ২

গ. উক্ত সমাণুদ্বয়ের মধ্যে কোনটি কেন্দ্রাকর্ষী সংযোজন বিক্রিয়ায় অধিক সক্রিয়– ব্যাখ্যা কর। ৩

ঘ. IR বর্ণালির সাহায্যে A ও B এর মধ্যে পার্থক্য করা যায় কি?– ব্যাখ্যা কর। ৪

৩।



ক. RMS বেগ কি? ১

খ. দুর্বল এসিড-সবল ক্ষারের প্রশমন বিন্দুতে দ্রবণের pH > 7 হয় কেন? ২

গ. A ও B এর পারস্পরিক রূপান্তর সমীকরণসহ বর্ণনা কর। ৩

ঘ. A ও HBr এর সংযোজন বিক্রিয়ায় কোনটি প্রধান উৎপাদ হবে– যুক্তিসহকারে ব্যাখ্যা কর। ৪

৪।



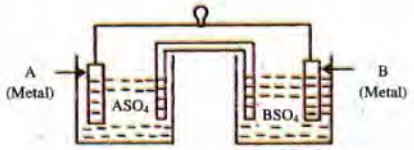
ক. তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক কি? ১

খ. প্রভাবকীয় রূপান্তরক কিভাবে বায়ুদূষণ রোধ করে? ২

গ. 'Q' পাত্রের দ্রবণকে সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করতে 'P' পাত্রের সম্পূর্ণ দ্রবণের প্রয়োজন হলে 'Q' পাত্রের NaOH দ্রবণের ঘনমাত্রা ppm এককে নির্ণয় কর। ৩

ঘ. 'Q' পাত্রের দ্রবণকে 'P' পাত্রের দ্রবণ দ্বারা টাইট্রেট করতে কোন নির্দেশক উপযোগী –যুক্তিসহ লিখ। ৪

৫।



$E^\circ_{A/A^{2+}} = 0.80$ V; $E^\circ_{B^{2+}/B} = -0.40$ V

ক. আয়োডোমিতি কি? ১

খ. প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িদ্দ্বার বলতে কি বুঝ? ২

গ. উদ্দীপকের তড়িৎ রাসায়নিক কোষটির প্রমাণ তড়িচ্চালক বল হিসাব কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের বিজারণ অর্ধকোষে বিদ্যমান তড়িৎ বিশ্লেষ্য দস্তার পাত্রে রাখা যাবে কিনা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। $[E^\circ_{Zn/Zn^{2+}} = +0.76V]$ ৪

৬। নিম্নের বিক্রিয়াগুলো লক্ষ কর :

(i) $C + H_2O \xrightarrow{\text{প্রভাবক-১}} CO + H_2$;

(ii) $nCO + (2n+1)H_2 \xrightarrow{\text{প্রভাবক-২}} C_nH_{2n+2} + nH_2O$;

(iii) $CO + H_2 + H_2O \xrightarrow{\text{প্রভাবক-৩}} CO_2 + 2H_2$

ক. বয়লের সূত্র কি? ১

খ. জ্যামিতিক সমাণুতা বলতে কি বুঝ? ২

গ. উদ্দীপকে কোন বিক্রিয়ার সাহায্যে কয়লা হতে LPG উৎপাদন সম্ভব–ব্যাখ্যা কর। ৩

ঘ. "উদ্দীপকের সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার সাহায্যে কয়লা ব্যবহার করে নাইট্রোজেন ফিক্সেশন সম্ভব।"– উক্তিটির যথার্থতা প্রতিপাদন কর। ৪

সময়–৩৫ মিনিট

বহুনির্বাচনি অভীক্ষা

পূর্ণমান–৩৫

[**বিশেষ দ্রষ্টব্য :** সরবরাহকৃত বহুনির্বাচনি অভীক্ষার উত্তরপত্রে প্রশ্নের ক্রমিক নম্বরের বিপরীতে প্রদত্ত বর্ণসম্বলিত বৃত্তসমূহ হতে সঠিক/সর্বোৎকৃষ্ট উত্তরের বৃত্তটি বল পয়েন্ট কলম দ্বারা সম্পূর্ণ ভরাট কর। প্রতিটি প্রশ্নের মান ১।]

১. নিম্নের কোন বৈশিষ্ট্যটি স্থূলকণা ও ন্যানোকণা উভয়ের জন্য একই?

ক পরিবাহিতা খ দৃঢ়তা

গ ঘনত্ব ঘ সক্রিয়তা

২. 14.5 g Na_2CO_3 কে সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করতে কত গ্রাম HCl লাগবে?

ক 998 g খ 99.8 g গ 9.98 g ঘ 0.998 g

৩. H-COOH বিক্রিয়া দেয়–

i. ফেহলিং দ্রবণের সাথে

ii. 2, 4-DNP এর সাথে

iii. Na_2CO_3 এর সাথে

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i ও ii খ i ও iii

গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

৪. $Zn/ZnSO_4$ (1.0 M) ‖ $CuSO_4$(1.0 M)/Cu কোষটির ক্যাথোডে কোন বিক্রিয়াটি ঘটে?

ক $Cu - 2e^- = Cu^{2+}$

খ $Zn - 2e^- = Zn^{2+}$

গ $Cu^{2+} + 2e^- = Cu$

ঘ $Zn^{2+} + 2e^- = Zn$

৫. সর্বনিম্ন কত কার্বনবিশিষ্ট অ্যালকেন আলোক সক্রিয়তা প্রদর্শন করে?

ক 4 খ 5 গ 6 ঘ 7

৬. কোষের তড়িচ্চালক বল—
i. আয়নের ঘনমাত্রার উপর নির্ভরশীল
ii. গ্যাসের চাপের উপর নির্ভরশীল
iii. জারণ ও বিজারণ বিভবের উপর নির্ভরশীল
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

৭. বিয়ার-ল্যাম্বার্ট সূত্রের সাহায্যে—
i. দ্রবণের ঘনমাত্রা জানা যায়
ii. অণুর আকৃতি জানা যায়
iii. জৈব যৌগের গঠন নির্ণয় করা যায়
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

৮. $(CH_3)_3COH$ এর IUPAC পদ্ধতিতে নাম কি?
ক ২-মিথাইল প্রোপানল-২
খ ট্রাই মিথাইল মিথানল
গ ২,২-ডাই মিথাইল ইথানল
ঘ ট্রাই মিথাইল কার্বিনল

৯. কোনটি সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ?
ক NaOH খ Na_2CO_3
গ $Na_2C_2O_4$ ঘ $K_2Cr_2O_7$

১০. বায়ুমণ্ডলের কোন স্তরের তাপমাত্রা সর্বাপেক্ষা বেশি?
ক ট্রপোস্ফিয়ার খ স্ট্রাটোস্ফিয়ার
গ মেসোস্ফিয়ার ঘ থার্মোস্ফিয়ার

১১. প্রাকৃতিক গ্যাসের প্রধান উপাদান কোনটি?
ক C_2H_6 খ CH_4
গ C_3H_8 ঘ C_4H_{10}

১২. S.I. এককে মোলার গ্যাস ধ্রুবকের মান কত?
ক $8.314\ J\ mol^{-1}\ K^{-1}$
খ $0.082\ J\ mol^{-1}\ K^{-1}$
গ $8.314 \times 10^7\ J\ mol^{-1}\ K^{-1}$
ঘ $0.082 \times 10^7\ J\ mol^{-1}\ K^{-1}$

১৩. কোনটি ইলেকট্রোফাইল?
ক PH_3 খ H_2O
গ BF_3 ঘ NH_3

১৪. S_N1 বিক্রিয়া কত ধাপে সম্পন্ন হয়?
ক 1 খ 2
গ 3 ঘ 4

১৫. নিম্নের কোনটিতে কার্বনের জারণ সংখ্যা ও যোজনী সমান?
ক C_2H_6 খ $CHCl_3$
গ CH_2Cl_2 ঘ CCl_4

১৬. বায়ুমণ্ডলে N_2 এর আংশিক চাপ কত?
ক 1.00 atm খ 0.78 atm
গ 0.21 atm ঘ 0.14 atm

১৭. বাংলাদেশের পানীয় জলে আর্সেনিকের গ্রহণযোগ্য মাত্রা কত?
ক 0.10 ppm খ 0.05 mg/L
গ 0.05 g/L ঘ 0.01 ppm

নিচের উদ্দীপকের আলোকে ১৮ ও ১৯ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :
নিচের পাত্রে 25°C তাপমাত্রায় 16 g He এবং 32 g CH_4 গ্যাস রাখা আছে।



* [বি. দ্র. : উদ্দীপকটি অসম্পূর্ণ]

১৮. উদ্দীপকের গ্যাস মিশ্রণে He এর আংশিক চাপ কত?
ক 24.46 atm খ 48.93 atm
গ 4.95×10^{-3} atm ঘ 4.95×10^{3} atm

১৯. স্টপকর্ক কিছু সময়ের জন্য খুলে পুনরায় বন্ধ করলে মিশ্রণের চাপ অর্ধেক হয়ে গেল। মিশ্রণে অবশিষ্ট CH_4 এর মোল সংখ্যা কত?
ক 1 খ 2 গ 3 ঘ 4

২০. SATP গ্যাসের মোলার আয়তন কত?
ক 22.4 L খ 22.8 L
গ 24.4 L ঘ 24.8 L

২১. কোন শিল্পে প্রাকৃতিক গ্যাস কাঁচামাল হিসেবে ব্যবহৃত হয়?
ক ইউরিয়া খ সিমেন্ট
গ বিদ্যুৎ ঘ গ্লাস

২২. নিম্নের কোনটি তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল?
ক মিলিগ্রাম/ কেজি
খ মিলিমোল/ লিটার
গ মাইক্রোগ্রাম/ কেজি
ঘ মাইক্রোগ্রাম/ মিলিগ্রাম

২৩. কাগজ রিসাইকেলে—
i. জ্বালানি সাশ্রয় হয়
ii. বর্জ্য হ্রাস পায়
iii. বৈশ্বিক উষ্ণতা বৃদ্ধি পায়
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

২৪. চামড়ার ট্যানিং এ কোনটি ব্যবহৃত হয়?
ক NaOH খ Na_2S
গ $Cr_2(SO_4)_3$ ঘ $CrCl_3$

নিচের উদ্দীপকের আলোকে ২৫ ও ২৬ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

$$A \xrightarrow[LiAlH_4]{[H]} B \xrightarrow[165°C]{H_2SO_4} C \xrightarrow{O_3} D \xrightarrow{H_2O/Zn} 2HCHO + ZnO + H_2O.$$

২৫. কোনটি A যৌগের সংকেত?
ক CH_3COOH
খ CH_3CONH_2
গ $CH_3 - CO - CH_3$
ঘ $CH_3 - O - CH_3$

২৬. উদ্দীপক অনুসারে—
i. 'B' লুকাস বিকারকের সাথে সাধারণ তাপমাত্রা অধঃক্ষেপ দেয় না
ii. HCHO কে জারিত করে তৈরি 'A' করা যাবে না
iii. 'C' ব্রোমিন দ্রবণকে বর্ণহীন করে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

২৭. বেনজিন চক্রে – NO_2 মূলক থাকলে কত নং কার্বনে ইলেকট্রন ঘনত্ব তুলনামূলকভাবে বেশি থাকে?
ক 4 খ 3 গ 2 ঘ 1

২৮. লেড সঞ্চয়ী কোষে ব্যবহৃত H_2SO_4 এর আপেক্ষিক গুরুত্ব কত?
ক 1.25 খ 1.20
গ 1.15 ঘ 1.10

২৯. প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের বিভবের মান কত?
ক + 1.00 V খ – 1.34 V
গ 0 V ঘ + 0.76 V

৩০. নিম্নের কোন ফুয়েল সেলে তরল ইলেকট্রোলাইট অনুপস্থিত?
ক PEMFC খ AFC
গ PAFC ঘ MCFC

৩১. ন্যানোকণার আকার কোনটি?
ক 1 – 400 nm খ 1 – 600 nm
গ 1 – 800 nm ঘ 1 – 100 nm

৩২. 500 mL ডেসিমোলার দ্রবণে দ্রবীভূত সোডিয়াম কার্বনেটের পরিমাণ কত?
ক 2.65 g খ 5.30 g
গ 6.30 g ঘ 10.60 g

৩৩. গ্যাস ক্রোমাটোগ্রাফিতে ব্যবহারযোগ্য বাহক গ্যাস কোনটি?
ক O_2 খ Cl_2
গ N_2 ঘ H_2

৩৪. চায়না ক্লে এর সংকেত কোনটি?
ক $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6\ SiO_2$
খ $Al_2O_3 \cdot 2\ SiO_2 \cdot 2\ H_2O$
গ $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6\ SiO_2$
ঘ $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6\ SiO_2$

৩৫. বায়ু দূষণ নিয়ন্ত্রণে ব্যবহৃত হয়—
i. ইটিপি
ii. বায়ু ছাকনি
iii. প্রভাবকীয় রূপান্তর
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

উত্তরমালা

১	গ	২	গ	৩	খ	৪	গ	৫	ঘ	৬	ঘ	৭	ঘ	৮	ক	৯	ক	১০	খ	১১	খ	১২	ক	১৩	গ	১৪	খ	১৫	ঘ	১৬	খ	১৭	খ	১৮	*
১৯	*	২০	ঘ	২১	ক	২২	খ	২৩	ক	২৪	গ	২৫	ক	২৬	ঘ	২৭	খ	২৮	গ	২৯	গ	৩০	ক	৩১	ঘ	৩২	খ	৩৩	গ	৩৪	খ	৩৫	খ		

সিলেট বোর্ড, ২০১৫

রসায়ন দ্বিতীয় পত্র

বিষয় কোড : 1 7 7

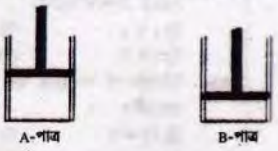
সময়–২ ঘণ্টা ১০ মিনিট

সৃজনশীল প্রশ্ন

পূর্ণমান–৪০

[দ্রষ্টব্য : ডান পাশের সংখ্যা প্রশ্নের পূর্ণমান জ্ঞাপক। নিচের উদ্দীপকগুলো মনোযোগ দিয়ে পড় এবং সংশ্লিষ্ট প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও। যে কোনো চারটি প্রশ্নের উত্তর দিতে হবে।]

১। স্থির চাপে নিম্নের দুটি পাত্রে একই পরিমাণ একই গ্যাস রাখা আছে–



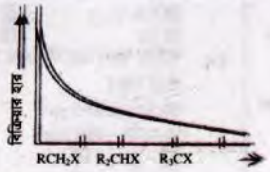
ক. নাইলন কী? ১

খ. মৃদু অম্ল ও মৃদু ক্ষারকের টাইট্রেশনে কোনো উপযুক্ত নির্দেশক নেই কেন? ২

গ. দুটি পাত্র A ও B তে রক্ষিত গ্যাসের আয়তন ভিন্ন হবার কারণ কী? সংশ্লিষ্ট গ্যাস সূত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের কোন পাত্রের গ্যাস অণুসমূহের গতিশক্তি বেশি? ব্যাখ্যা কর। ৪

২। KOH এর জলীয় দ্রবণের সাথে অ্যালকাইন হ্যালাইডের একটি বিশেষ কৌশল সংঘটিত বিক্রিয়ার হার নিম্নরূপে দেখানো যায়।



ক. BOD কী? ১

খ. Fe^{2+} একটি বিজারক– ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকে উল্লিখিত বিক্রিয়াটির কৌশল ব্যাখ্যা কর। ৩

ঘ. প্রদত্ত বিক্রিয়াটির হার ক্রমান্বয়ে হ্রাস পাবার কারণ কী? বিশ্লেষণ কর। ৪

৩। নিম্নের বিক্রিয়াটি লক্ষ্য কর :

$$CH \equiv CH \xrightarrow[400^\circ C]{Fe} B \xrightarrow[\text{অনার্দ্র } AlCl_3]{CH_3Cl} C \rightarrow T.N.T$$

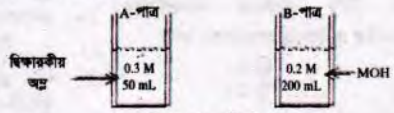
ক. প্লাস্টিসিটি কী? ১

খ. সিমেন্টে জিপসাম ব্যবহৃত হয় কেন? ২

গ. উদ্দীপকের কোনটি পলিমারকরণ বিক্রিয়া? ব্যাখ্যা কর। ৩

ঘ. B ও C এর মধ্যে কোনটি ইলেকট্রনাকর্ষী প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে অধিক সক্রিয়? ব্যাখ্যা কর। ৪

৪। নিম্নের চিত্রটি লক্ষ্য কর :



M এর পারমাণবিক ভর = 39

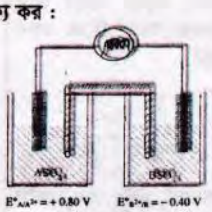
ক. জারণ সংখ্যা কী? ১

খ. CFC কীভাবে ওজোনস্তর ক্ষয় করে? ২

গ. B পাত্রের দ্রবণ প্রস্তুতিতে কী পরিমাণ MOH প্রয়োজন? ৩

ঘ. A-পাত্রের দ্রবণ দ্বারা B পাত্রের দ্রবণ পূর্ণ প্রশমিত হবে কি? বিশ্লেষণ কর। ৪

৫। নিম্নের চিত্রটি লক্ষ্য কর :



ক. ইটিপি কী? ১

খ. কেন্দ্রাকর্ষী প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় ক্লোরোবেনজিন অপেক্ষা নাইট্রো ক্লোরোবেনজিন অধিক সক্রিয় কেন? ২

গ. উদ্দীপকের কোষটির তড়িচ্চালক বল হিসাব কর। ৩

ঘ. "উদ্দীপকের বিজারণ অর্ধকোষের তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণকে জিংকের পাত্রে রাখা উচিত নয়"– উক্তিটির যথার্থতা প্রতিপাদন কর। ৪

৬। নিম্নের বিক্রিয়াসমূহ লক্ষ্য কর :

(i) $C + H_2O \xrightarrow[\Delta]{\text{প্রভাবক-১}} CO + H_2$

(ii) $nCO + (2n+1)H_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{প্রভাবক-২}} C_nH_{2n+2} + nH_2O$

(iii) $CO + H_2 + H_2O \xrightarrow[\Delta]{\text{প্রভাবক-৩}} CO_2 + H_2O$

ক. তড়িৎ রাসায়নিক কোষ কী? ১

খ. লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারি ব্যবহারের সুবিধা কী? ২

গ. উদ্দীপকের কোন কোন বিক্রিয়ার সাহায্যে কয়লা হতে LPG উৎপাদন সম্ভব? ব্যাখ্যা কর। ৩

ঘ. "উদ্দীপকের সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার সাহায্যে কয়লা ব্যবহার করে নাইট্রোজেন সার উৎপাদন সম্ভব।"– উক্তিটির যথার্থতা প্রতিপাদন কর। ৪

বহুনির্বাচনি অভীক্ষা

সময়–৩৫ মিনিট

পূর্ণমান–৩৫

[বিশেষ দ্রষ্টব্য : সরবরাহকৃত বহুনির্বাচনি অভীক্ষার উত্তরপত্রে প্রশ্নের ক্রমিক নম্বরের বিপরীতে প্রদত্ত বর্ণসম্বলিত বৃত্তসমূহ হতে সঠিক/সর্বোৎকৃষ্ট উত্তরের বৃত্তটি বল পয়েন্ট কলম দ্বারা সম্পূর্ণ ভরাট কর। প্রতিটি প্রশ্নের মান ১।]

১. কোনটির ব্যাপনের হার বেশি?
ক CO_2 খ O_2 গ H_2 ঘ NH_3

২. সারফেস ওয়াটারের বিশুদ্ধতার মানদণ্ড হল–
i. BOD
ii. TDS
iii. খরতা
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

৩. $C_4H_4(CH_3)(Cl)$ যৌগটির কতটি সমাণু সম্ভব?
ক ২ খ ৩ গ ৪ ঘ ৬

৪. $R-COOH + ROH \xrightarrow{H_2SO_4} A + H_2O$ এ বিক্রিয়ায় A কি?
ক এস্টার খ কিটোন
গ অ্যামিন ঘ অ্যালডিহাইড

৫. নিচের কোনটি গ্রিন হাউজ গ্যাস নয়?
ক CO_2 খ CH_4
গ N_2O ঘ O_2

৬. নিচের কোনটি অ্যারোমেটিক যৌগ নয়?
ক  খ 
গ  ঘ 

৭. হাকেল নীতি অনুসারে অ্যানথ্রাসিনে সঞ্চারণশীল π-ইলেকট্রনের সংখ্যা কত?
ক ৬ খ ৮
গ ১০ ঘ ১২

৮. মেলামাইন হল–
ক ইউরিয়া পলিমার
খ ফেনল ও মিথান্যালের পলিমার
গ ইথিলিন ডাইঅ্যামিন ও অ্যাডিপিক এসিডের পলিমার
ঘ মেনথলের পলিমার

৯. লোহিত তপ্ত লৌহ নলের ভিতর দিয়ে ইথাইন গ্যাস চালনা করলে নিচের কোন যৌগটি উৎপন্ন হয়?
ক  খ 
গ  ঘ 

১০. জৈব যৌগের কার্যকরী মূলক শনাক্তকরণে বর্ণালিমিতির সর্বোত্তম পদ্ধতি কোনটি?
ক UV খ IR
গ NMR ঘ MASS

১১. টলেন বিকারক ও ফেলিং দ্রবণকে বিজারিত করে–
i. R – CHO
ii. $C_6H_{12}O_6$
iii. $C_{12}H_{22}O_{11}$ (সুক্রোজ)
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

১২. নিচের কোনটি ক্যানিজারো বিক্রিয়া দেয় না?
ক $CH_3 - CHO$ খ $C_6H_5 - CHO$
গ CH_3CCl_2CHO ঘ $(CH_3)_3C - CHO$

১৩. নিচের কোনটির pK_b এর মান সবচেয়ে কম?
ক $C_6H_5 - NH_2$ খ $R - NH_2$
গ R_2NH ঘ R_3N

■ উদ্দীপকের আলোকে ১৪ ও ১৫ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

$$X \xrightarrow{[O]} \text{প্রোপানোন} \xrightarrow{[O]} Y + CO_2 + H_2O$$

১৪. 'X' হল–
ক ইথানল খ প্রোপানল-2
গ প্রোপান্যাল ঘ ইথান্যাল

১৫. 'Y' এর ক্ষেত্রে কোনটি সঠিক?
ক মিষ্টি স্বাদযুক্ত
খ ডাইমার গঠন করে
গ পানিতে অদ্রবণীয়
ঘ এস্টার শ্রেণির যৌগ

১৬. হাইড্রোজেন ফুয়েল সেলে অ্যানোড ও ক্যাথোড হিসেবে নিচের কোনটি ব্যবহৃত হয়?
ক Ni খ Ag
গ Pt ঘ গ্রাফাইট

১৭. $[Co(NH_3)_6]^{3+}$ আয়নটিতে কেন্দ্রীয় পরমাণুর জারণমান কত?
ক + 15 খ + 3
গ + 5 ঘ + 9

১৮. সেকেন্ডারি নির্দেশক তড়িৎদ্বার হল–
i. Pt, H_2 (1 atm)/H^+ (1M)
ii. Ag(s), AgCl (s)/HCl(aq)
iii. Hg(*l*), Hg_2Cl_2(s)/KCl(aq)
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

১৯. 10 g $CaCO_3$ থেকে 2×10^{20} টি অণু সরিয়ে নিলে কি পরিমাণ $CaCO_3$ থাকবে?
ক 9.550 g খ 9.669 g
গ 9.881 g ঘ 9.966 g

২০. AAS এর সাহায্যে নির্ণয় করা যায়–
ক দ্রবণের ঘনমাত্রা খ দ্রাবকের আয়তন
গ দ্রবণে ধাতু পরমাণুর পরিমাণ
ঘ অণুর আকৃতি

২১. ২৫০ মিলি দ্রবণে ১২.৭৫ গ্রাম $K_2Cr_2O_7$ থাকলে দ্রবণটির মোলারিটি কত?
ক ১.৭ M খ ১.০৪ M
গ ০.১৭ M ঘ ০.০২৮ M

২২. নিচের কোনটি সবচেয়ে শক্তিশালী বিজারক?
ক Al খ Zn
গ Fe ঘ Li

২৩. $LiCoO_2 \rightleftharpoons A + nLi^+ + ne$: A যৌগে Co এর জারণমান কত?
ক + ১ খ + ২
গ + ৩ ঘ + ৪

২৪. বিগলিত NaCl, $MgCl_2$, $AlCl_3$ ও $SnCl_4$ এর ভেতর দিয়ে 1 F বিদ্যুৎ চালনা করলে ক্যাথোডে কোন ধাতুর মোলসংখ্যা সর্বাধিক জমা হবে?
ক Na খ Mg
গ Al ঘ Sn

২৫. রান্নার জন্য সিলিন্ডারে কোন গ্যাস ব্যবহৃত হয়?
ক পেট্রোল খ কেরোসিন
গ মিথেন ও প্রোপেন
ঘ বিউটেন ও প্রোপেন

২৬. বাংলাদেশে কয়লাক্ষেত্র আছে–
i. খালিশপুর ও জামালগঞ্জ
ii. বড়পুকুরিয়া ও ফুলবাড়ি
iii. মুন্সিগঞ্জে ও কুমিল্লা
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

২৭. মন্ডকে কাগজে রূপান্তরের ধাপ হল–
i. বিটিং
ii. রিফাইনিং
iii. শীট তৈরি
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

২৮. ন্যানো প্রযুক্তির মাধ্যমে পদার্থের বৃদ্ধি করা যায়–
i. স্থায়িত্ব
ii. কর্মক্ষমতা
iii. ভঙ্গুরতা
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

২৯. বাংলাদেশে সবচেয়ে বড় গ্যাসক্ষেত্র নিচের কোনটি?
ক তিতাস খ ছাতক
গ বাখরাবাদ ঘ হবিগঞ্জ

৩০. মানবদেহে Cd^{2+} দ্বারা Ca^{2+} আয়নের প্রতিস্থাপনের প্রভাব হল–
i. হাড় ক্ষয়প্রাপ্ত হয়
ii. হাড় ভঙ্গুর হয়
iii. হাড়ের প্রাণরাসায়নিক ক্রিয়া ব্যাহত হয়
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

৩১. স্টোরেজ ব্যাটারির মাধ্যমে কোন ভারী ধাতুটি খাদ্য-শৃংখলে প্রবেশ করে?
ক Cd খ As
গ Pb ঘ Cr

৩২. পানীয় জলে আর্সেনিকের সর্বোচ্চ গ্রহণযোগ্য মাত্রা কত?
ক 0.01 – 0.02 ppm
খ 0.01 – 0.03 ppm
গ 0.01 – 0.04 ppm
ঘ 0.01 – 0.05 ppm

৩৩. 44 g কার্বন ডাইঅক্সাইডের জন্য ভ্যান্ডার ওয়ালস সমীকরণ হবে–
ক $\left(P + \frac{n^2a}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$
খ $\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = nRT$
গ $\left(P + \frac{2a}{V^2}\right)(V - b) = RT$
ঘ $\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$

৩৪. $MnO_4^- + C_2O_4^{2-} + H^+ \rightarrow Mn^2 + CO_2 + H_2O$ এ MnO_4^- ও $C_2O_4^{2-}$ এর মোল সংখ্যার অনুপাত কত?
ক ১ ঃ ৫ খ ২ ঃ ৫
গ ৫ ঃ ২ ঘ ১ ঃ ৬

৩৫. ফেনল হতে স্যালিসাইলিক এসিড উৎপাদনের বিক্রিয়াটির নাম কী?
ক কোব বিক্রিয়া
খ রাইমার-টাইম্যান বিক্রিয়া
গ ফ্রিডেল-ক্রাফ্ট বিক্রিয়া
ঘ উইলিয়ামসন বিক্রিয়া

উত্তরমালা

১	গ	২	ঘ	৩	খ	৪	ক	৫	ঘ	৬	ঘ	৭	গ	৮	ক	৯	ঘ	১০	খ	১১	ক	১২	ক	১৩	ক	১৪	খ	১৫	খ	১৬	ঘ	১৭	খ	১৮	খ
১৯	ঘ	২০	*	২১	গ	২২	খ	২৩	গ	২৪	ক	২৫	ঘ	২৬	ক	২৭	ঘ	২৮	ক	২৯	ক	৩০	ঘ	৩১	গ	৩২	ঘ	৩৩	ঘ	৩৪	খ	৩৫	ক		

বরিশাল বোর্ড, ২০১৫

রসায়ন দ্বিতীয় পত্র

বিষয় কোড : 1 7 7

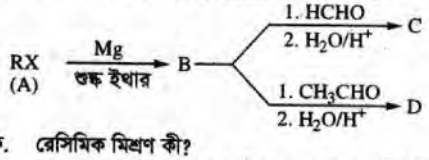
সময়–২ ঘণ্টা ১০ মিনিট

সৃজনশীল প্রশ্ন

পূর্ণমান–৪০

[দ্রষ্টব্য : ডান পাশের সংখ্যা প্রশ্নের পূর্ণমান জ্ঞাপক। নিচের উদ্দীপকগুলো মনোযোগ দিয়ে পড় এবং সংশ্লিষ্ট প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও। যে কোনো চারটি প্রশ্নের উত্তর দিতে হবে।]

১। উদ্দীপকটির আলোকে নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



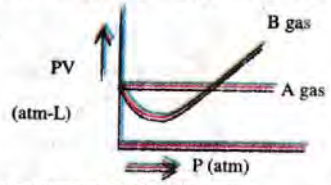
ক. রেসিমিক মিশ্রণ কী? ১

খ. HCl(g) অপেক্ষা NH_3(g)-এর ব্যাপন হার বেশি কেন? ২

গ. 'A' যৌগ থেকে চার কার্বনবিশিষ্ট অ্যালকেন প্রস্তুতির বিক্রিয়া লেখ। ৩

ঘ. 'C' ও 'D' যৌগকে লুকাস বিকারক দ্বারা পার্থক্য নির্ণয় করা যাবে কি? উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দাও। ৪

২। উদ্দীপকটির আলোকে নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



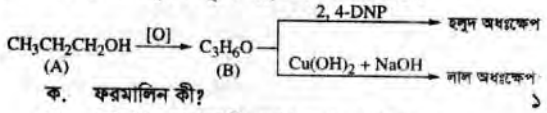
ক. পরম শূন্য তাপমাত্রা কাকে বলে? ১

খ. পানির স্থায়ী খরতার কারণ কী? ২

গ. 25°C তাপমাত্রা ও 0.97 atm চাপে A গ্যাসের 2.5g 400 ml আয়তন দখল করে। গ্যাসটির আণবিক ভর নির্ণয় কর। ৩

ঘ. 'A' ও 'B' গ্যাসদ্বয়ের মধ্যে কোনটি আদর্শ গ্যাসের অবস্থার সমীকরণ অনুসরণ করে না? কারণসহ বিশ্লেষণ কর। ৪

৩। উদ্দীপকটি অনুধাবনপূর্বক প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



ক. ফরমালিন কী? ১

খ. মোলার দ্রবণ একটি প্রমাণ দ্রবণ– ব্যাখ্যা কর। ২

গ. 'A' যৌগের দুই কার্বনবিশিষ্ট একটি সমগোত্রক প্রস্তুতির সমীকরণ লেখ। ৩

ঘ. উদ্দীপকের আলোকে 'B' যৌগের গাঠনিক সংকেত নির্ণয় সম্ভব কিনা? যথাযথ সমীকরণ প্রদর্শনপূর্বক যুক্তি দাও। ৪

৪। উদ্দীপকটির নিরীখে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

রসায়ন ল্যাবে প্রদর্শক মহোদয় নিকেল লবণের একটি দ্রবণ তামার পাত্রে সংরক্ষণ করতে বললে ল্যাব সহকারী ভুল করে তা একটি দস্তার পাত্রে রেখে দিলেন। নিকেল ও দস্তার জারণ বিভব যথাক্রমে + 0.25 V এবং + 0.76 V।

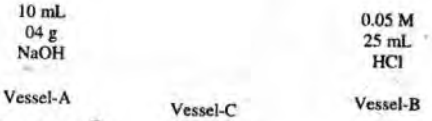
ক. লবণ সেতু কী? ১

খ. সিলভারের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক 0.001118g. C^{-1} বলতে কী বুঝায়? ২

গ. উদ্দীপকে লবণের দ্রবণে 60 মিনিট ধরে 0.1 অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ চালনায় ক্যাথোডে কী পরিমাণ ধাতু জমা হবে? ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লেখিত তড়িৎ বিশ্লেষ্যটি দীর্ঘ দিন জিঙ্ক-এর পাত্রে সংরক্ষণ করা যাবে কি? e.m.f এর মাধ্যমে বিশ্লেষণ কর। ৪

৫। উদ্দীপকটির আলোকে নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



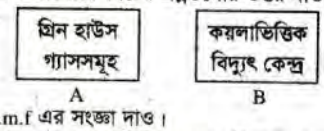
ক. BOD কী? ১

খ. বেনজিন একটি অ্যারোমেটিক যৌগ কেন? ২

গ. A পাত্রের দ্রবণটির ঘনমাত্রা ppm এককে হিসেব কর। ৩

ঘ. 'A' ও 'B' পাত্রের দ্রবণ 'C' পাত্রে মিশ্রিত করলে দ্রবণের প্রকৃতি কিরূপ হবে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৬। উদ্দীপকের আলোকে নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



ক. e.m.f এর সংজ্ঞা দাও। ১

খ. জৈব যৌগে কার্বক্সিলিক মূলক কীভাবে শনাক্ত করবে? ২

গ. উদ্দীপক 'B' হতে নির্গত দূষক অঞ্চীয় গ্যাসসমূহ নিয়ন্ত্রণের মূলনীতি লিখ। ৩

ঘ. 'A' উদ্দীপকের কোন গ্যাসটি বায়ুমণ্ডলের ওজোন স্তরের জন্য ক্ষতিকর। যথাযথ সমীকরণসহ ব্যাখ্যা কর। ৪

সময়–৩৫ মিনিট

বহুনির্বাচনি অভীক্ষা

পূর্ণমান–৩৫

[বিশেষ দ্রষ্টব্য : সরবরাহকৃত বহুনির্বাচনি অভীক্ষার উত্তরপত্রে প্রশ্নের ক্রমিক নম্বরের বিপরীতে প্রদত্ত বর্ণসম্বলিত বৃত্তসমূহ হতে সঠিক/সর্বোৎকৃষ্ট উত্তরের বৃত্তটি বল পয়েন্ট কলম দ্বারা সম্পূর্ণ ভরাট কর। প্রতিটি প্রশ্নের মান ১।]

১. ডাইমিথাইল ইথার ও ইথানল পরস্পরের কি ধরনের সমাণু?

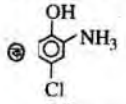
ক জ্যামিতিক সমাণু

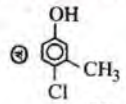
খ অবস্থান সমাণু

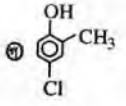
গ কার্যকরী মূলক সমাণু

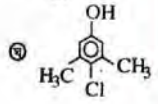
ঘ টটোমারিজম

২. ক্লোরোজাইলিনল এর সংকেত নিম্নের কোনটি?

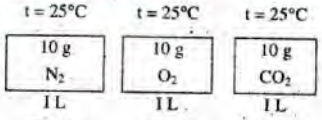
ক 

খ 

গ 

ঘ 

■ নিম্নের উদ্দীপকটি লক্ষ্য কর এবং ৩, ৪ ও ৫নং প্রশ্নের উত্তর দাও :



৩. উদ্দীপকে প্রদত্ত গ্যাসের অণুসমূহের গতিশক্তির ক্রম নিম্নের কোনটি?
ক $N_2 > O_2 > CO_2$ খ $O_2 > CO_2 > N_2$
গ $O_2 > N_2 > CO_2$ ঘ $CO_2 > N_2 > O_2$

৪. B পাত্রের গ্যাসটির r.m.s. বেগ—
ক 481.94 ms^{-1} খ 47.86 ms^{-1}
গ 15.24 cms^{-1} ঘ 0.1513 cms^{-1}

৫. উদ্দীপকে প্রদত্ত তিনটি গ্যাসকে একই (25°C) তাপমাত্রায় B পাত্রে মিশালে মিশ্রিত গ্যাসের মোট চাপ কত হবে?
ক 2254.6 kPa খ 225.4 kPa
গ 21.91 atm ঘ 24.22 atm

৬. ইউরিয়া সার উৎপাদনে অন্তর্বর্তী কোন উৎপাদ পাওয়া যায়?
ক CO খ NH_3
গ $H-CO-NH_2$ ঘ $H_2NCOONH_4$

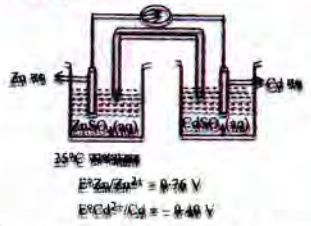
৭. প্রাকৃতিক গ্যাস কোথায় বেশি ব্যবহৃত হয়?
ক সার উৎপাদনে খ বিদ্যুৎ উৎপাদনে
গ রান্নার কাজে ঘ গাড়ীর জ্বালানিতে

৮. সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের মধ্য দিয়ে 1.2 A বিদ্যুৎ কতক্ষণ চালনা করলে ক্যাথোডে 1.61 g সিলভার জমা হবে?
ক 40 মিনিট খ 30 মিনিট
গ 25 মিনিট ঘ 20 মিনিট

৯. সিমেন্টের মধ্যে পানি যোগ করলে এর উপাদান—
i. ক্যালসিয়াম যৌগগুলো ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয়
ii. জিপসামের বিক্রিয়ার ফলে দ্রুত গতিতে সিমেন্ট জমাট বাঁধে
iii. পানি সংযোজিত হয়ে ক্যালসিয়াম সিলিকেট ও ক্যালসিয়াম অ্যালুমিনেটের কেলাস সৃষ্টি হয়
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

১০. $NH_3 + HCl \rightleftharpoons NH_4^+ + Cl^-$ বিক্রিয়ায় অনুবন্ধী অম্ল কোনটি?
ক NH_3 খ Cl^- গ HCl ঘ NH_4^+

নিম্নের উদ্দীপকটি লক্ষ্য কর এবং ১১ ও ১২নং প্রশ্নের উত্তর দাও :



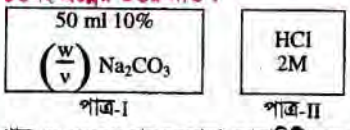
১১. উদ্দীপকের কোষটির তড়িচ্চালক বলের মান কত?
ক 1.16 Volt খ 0.76 Volt
গ 0.40 Volt ঘ 0.36 Volt

১২. প্রদত্ত কোষের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য হবে—
i. ক্যাডমিয়াম পাত্রে জিংক আয়নের দ্রবণ রাখা যাবে
ii. Zn অ্যানোড হিসেবে কাজ করে
iii. কোষটির কোষ ডায়াগ্রাম $Zn(s)/Zn^{2+}(aq) \parallel Cd(s)/Cd^{2+}(aq)$
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

১৩. পাল্প উৎপাদনে মূল উপাদান কোনটি?
ক Na_2S খ সেলুলোজ
গ NaOH ঘ সালফার

১৪. ইউরিয়া থেকে মেলামাইন তৈরিতে নিম্নের কোনটি অনুঘটক হিসেবে কাজ করে?
ক TiO_2 খ V_2O_5 গ Pt ঘ Ni

নিম্নের উদ্দীপকটি লক্ষ্য কর এবং ১৫ ও ১৬নং প্রশ্নের উত্তর দাও :



পাত্র-I পাত্র-II

১৫. পাত্র (I)-এর দ্রবণের ঘনমাত্রা মোলারিটিতে কত?
ক 0.047 M খ 0.94 M
গ 1.24 M ঘ 1.29 M

১৬. প্রথম পাত্রের দ্রবণটিকে পূর্ণ প্রশমিত করতে দ্বিতীয় পাত্রের দ্রবণের কতটুকু প্রয়োজন?
ক 27 ml খ 35 ml
গ 47 ml ঘ 53 ml

১৭. IR বর্ণালিমিতিতে শোষণ বা নিঃসরণ ব্যান্ডটি 1715 cm^{-1} কম্পন সংখ্যায় নিম্নের কোন মূলকটি শনাক্ত করা যায়?
ক – O – H খ – N – H
গ $-C \equiv C-$ ঘ $> C = O$

১৮. 9.5 g $FeSO_4$ কে জারিত করতে 1 M $KMnO_4$ দ্রবণের কতটুকু প্রয়োজন?
ক 12.5 mL খ 11.2 mL
গ 10.6 mL ঘ 7.5 mL

১৯. অ্যালকাইল হ্যালাইডের S_N1 বিক্রিয়ার সক্রিয়তার ক্রম নিম্নের কোনটি?
ক $CH_3 - X > 1° > 2° > 3°$
খ $2° > 3° > 1° > CH_3 - X$
গ $1° > 2° > 3° > CH_3 - X$
ঘ $3° > 2° > 1° > CH_3 - X$

২০. STP তে 1.7 g NH_3 তে হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা কত?
ক 1.8066×10^{23} টি খ 1.8069×10^{22} টি
গ 6.023×10^{23} টি ঘ 1.8069×10^{24} টি

২১. পরমশূন্য তাপমাত্রা কত?
ক – 273 K খ '0' K
গ 0°C ঘ 25°C

২২. কত গ্রাম $KClO_3$ কে উত্তপ্ত করলে প্রমাণ অবস্থায় 17 L অক্সিজেন পাওয়া যাবে?
ক 32 g খ 62 g
গ 85 g ঘ 96 g

২৩. C_nH_{2n}(n = 3) যৌগটিকে প্রথমে ওজোনীকরণ ও পরে জিংকসহ আর্দ্র বিশ্লেষণের ফলে A ও B যৌগ উৎপন্ন হলো। B এর জলীয় দ্রবণ জীবাণুনাশক। উক্ত যৌগদ্বয়ের ক্ষেত্রে—
i. উৎপন্ন যৌগদ্বয় 2, 4 ডাইনাইট্রোফিনাইল হাইড্রাজিনের সাথে হলুদ অধঃক্ষেপ দেয়
ii. A যৌগটি আয়োডোফরম বিক্রিয়া দেয়
iii. B যৌগটি ক্যানিজারো বিক্রিয়া প্রদর্শন করে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

২৪. মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশকের pH পরিসর কত?
ক 1.2 – 2.8 খ 3.1 – 4.4
গ 5.5 – 7.5 ঘ 7.2 – 8.8

২৫. নিম্নের কোনটি সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ?
ক $KMnO_4$ খ $K_2Cr_2O_7$
গ Na_2CO_3 ঘ $C_2H_2O_4$

২৬. গ্রিন হাউজ গ্যাসগুলোর মধ্যে নিম্নের কোনটি বায়ুমণ্ডলে সবচেয়ে বেশি থাকে?
ক CH_4 খ CO_2
গ O_3 ঘ CFC

২৭. নিম্নের কোনটি নাইট্রোসো মূলকের সংকেত?
ক – CN খ $-NO_2$
গ – NO ঘ – NC

২৮. নিম্নের কোন মূলকটি বেনজিন বলয়ে অর্থো-প্যারা নির্দেশক?
ক – CHO খ – CN
গ – Br ঘ $-NO_2$

২৯. STP তে 1 মোল SO_2 গ্যাসের আয়তন কত?
ক 22.4 dm^3 খ 24.789 L
গ 224 L ঘ 22400 dm^3

৩০. $CuSO_4 + KI \rightarrow Cu_2I_2 + I_2 + K_2SO_4$ বিক্রিয়াটিতে বিজারক কোনটি?
ক Cu^{2+} খ I_2
গ K^+ ঘ I^-

৩১. $H_2C = C(CH_3) - CH_2OH$; যৌগটির নাম নিম্নের কোনটি?
ক 2-মিথাইল-2-প্রোপিন-1-অল
খ অ্যালাইল অ্যালকোহল
গ মিথাইল ভিনাইল প্রোপানল
ঘ 2-মিথাইল-1-প্রোপিন-3-অল

৩২. $R-CN \xrightarrow{LiAlH_4} A \xrightarrow{HNO_2} B + N_2$
$\downarrow H_2O/H^+$
$C + NH_3$
উদ্দীপকের বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে—
i. B যৌগটি A যৌগ হতে কম ক্ষারধর্মী
ii. C যৌগটি B যৌগ হতে কম অম্লধর্মী
iii. C যৌগটি A এবং B উভয়ের সাথেই বিক্রিয়া করে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

৩৩. 0.01M 250 ml HCl দ্রবণের মাত্রা ppm এককে নিম্নের কোনটি?
ক 185 খ 270
গ 365 ঘ 730

৩৪. কাচ উৎপাদনে নিম্নের কোনটি গৌণ উপাদান হিসেবে ব্যবহৃত হয়?
ক Na_2SO_4 খ SiO_2
গ CaO ঘ Na_2CO_3

৩৫. তড়িৎ রাসায়নিক সক্রিয়তা সিরিজের নিম্নের কোনটি সঠিক?
ক Al > Ni খ Zn > Mg
গ Fe > Na ঘ Cu > Sn

উত্তরমালা

১	গ	২	ঘ	৩	ক	৪	গ	৫	গ	৬	ঘ	৭	খ	৮	ঘ	৯	গ	১০	ঘ	১১	ঘ	১২	ঘ	১৩	খ	১৪	ক	১৫	খ	১৬	গ	১৭	ঘ	১৮	ক
১৯	ঘ	২০	ক	২১	ক	২২	খ	২৩	ঘ	২৪	খ	২৫	ক	২৬	খ	২৭	গ	২৮	গ	২৯	ক	৩০	ঘ	৩১	ক	৩২	খ	৩৩	গ	৩৪	ক	৩৫	ক		

দিনাজপুর বোর্ড, ২০১৫

রসায়ন দ্বিতীয় পত্র

বিষয় কোড : 1 7 7

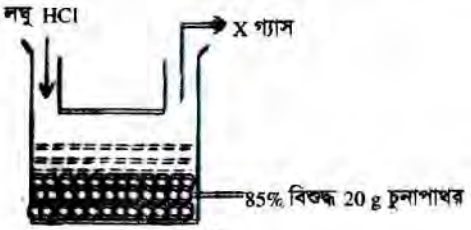
সময়–২ ঘণ্টা ১০ মিনিট

সৃজনশীল প্রশ্ন

পূর্ণমান–৪০

[**দ্রষ্টব্য :** ডান পাশের সংখ্যা প্রশ্নের পূর্ণমান জ্ঞাপক। নিচের উদ্দীপকগুলো মনোযোগ দিয়ে পড় এবং সংশ্লিষ্ট প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও। যে কোনো **চারটি** প্রশ্নের উত্তর দিতে হবে।]

১।



ক. পরমশূন্য তাপমাত্রা কী? ১

খ. BF_3 অম্লধর্মী কেন? ২

গ. উদ্দীপকের পাত্র থেকে STP তে কত লিটার 'X' গ্যাস বের হবে? নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের X গ্যাসটি বৈশ্বিক উষ্ণতা ও এসিড বৃষ্টির জন্য দায়ী– কারণ ও প্রতিকার প্রয়োজনীয় বিক্রিয়াসহ বিশ্লেষণ কর। ৪

২।

$$CH_3 - CH_2 - CH(Br) - CH_3 \xrightarrow{KOH(aq),\ \Delta} A + KBr$$

$$CH_3 - CH_2 - CH(Br) - CH_3 \xrightarrow[80\%]{KOH(alc),\ \Delta} \underset{20\%}{B} + C + KBr + H_2O$$

ক. আদর্শ গ্যাসের জন্য গতীয় সমীকরণটি লিখ। ১

খ. সিমেন্ট তৈরিতে জিপসাম ব্যবহার করা হয় কেন? ২

গ. A যৌগটি প্রস্তুতিতে S_N1 বিক্রিয়া কৌশল দেখাও। ৩

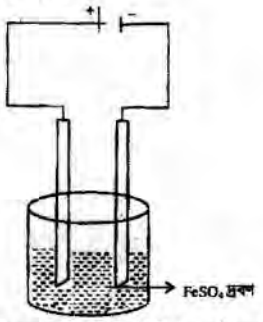
ঘ. যৌগ A এবং B এর স্টেরিওসমাণুতার ভিন্নতা বিশ্লেষণ কর। ৪

৩। কয়েকটি ধাতুর প্রমাণ তড়িদ্‌দ্বার বিভব ও একটি কোষচিত্র–

(i) $E^\circ_{Cu/Cu^{2+}} = -0.34$ V

(ii) $E^\circ_{Fe/Fe^{2+}} = 0.44$ V

(iii) $E^\circ_{Zn/Zn^{2+}} = 0.76$ V



ক. একটি হেটারো অ্যালিসাইক্লিক যৌগের উদাহরণ দাও। ১

খ. 44 g CO_2 এর জন্য ভ্যানডার ওয়ালস্ সমীকরণটি লিখ। ২

গ. 250 A বিদ্যুৎ 40 মিনিট চালনা করলে কত গ্রাম ধাতু ক্যাথোডে জমা হবে? ৩

ঘ. উদ্দীপক দ্রবণকে টিন পাত্র এবং কপার পাত্রদ্বয়ের কোনটিতে রাখা যৌক্তিক–বিশ্লেষণ কর। ৪

৪।



ক. ক্যাটিনেশন কী? ১

খ. বেনজিনকে অ্যারোমেটিক যৌগ বলা হয় কেন? ২

গ. B দ্রবণে কতটুকু NaOH দ্রবীভূত আছে? ৩

ঘ. A এবং B দ্রবণের প্রকৃতি কিরূপ হবে – বিশ্লেষণ কর। ৪

৫।

(i)	(ii)	(iii)
X গ্যাস	Y গ্যাস	X ও Y গ্যাস
$10.0\ dm^3$ 25°C 50 kPa 8.885 g	$1.0\ dm^3$ 25°C 200 kPa 2.423 g	গ্যাসের মিশ্রণ $2\ dm^3$ 25°C

এখানে গ্যাসদ্বয় পরস্পর বিক্রিয়াহীন।

ক. পেপটাইড বন্ধন কী? ১

খ. সিরামিক সামগ্রী তৈরিতে গ্লেজিং পদার্থ কেন ব্যবহার করা হয়। ২

গ. উদ্দীপকের (iii) পাত্রের চাপ গণনা কর। ৩

ঘ. X ও Y গ্যাসের ব্যাপন হার গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৬। (i) পটাসিয়াম ক্লোরেট $\xrightarrow{\Delta}$ A(g) + KCl(s)

(ii) $Zn(s) + H_2SO_4$ (লঘু) $\rightarrow B(g) + ZnSO_4(aq)$

A এবং B উভয়ই একটি ফুয়েল সেলের জ্বালানি।

ক. ন্যানো পার্টিকেল কী? ১

খ. শিল্পে ETP-এর ব্যবহার করা হয় কেন? ২

গ. উদ্দীপকের 5 g পরিমাণ A কে উৎপন্ন করতে কত গ্রাম বিক্রিয়ক প্রয়োজন? ৩

ঘ. উদ্দীপকের A এবং B গ্যাস দ্বারা গঠিত কোষটি পরিবেশবান্ধব হবে কি-না–বিশ্লেষণ কর। ৪

বহুনির্বাচনি অভীক্ষা

সময়–৩৫ মিনিট

পূর্ণমান–৩৫

[**বিশেষ দ্রষ্টব্য :** সরবরাহকৃত বহুনির্বাচনি অভীক্ষার উত্তরপত্রে প্রশ্নের ক্রমিক নম্বরের বিপরীতে প্রদত্ত বর্ণসম্বলিত বৃত্তসমূহ হতে সঠিক/সর্বোৎকৃষ্ট উত্তরের বৃত্তটি বল পয়েন্ট কলম দ্বারা সম্পূর্ণ ভরাট কর। প্রতিটি প্রশ্নের মান ১।]

১. অপ্রতিসম যৌগ–

i. বিউটিন-1

ii. বিউটিন-2

iii. পেন্টিন-2

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i খ i ও iii

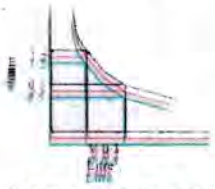
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

২. শুষ্ক কোষের তড়িচ্চালক বলের মান কত?

ক + 1.2 V খ + 1.3 V

গ + 1.4 V ঘ + 1.5 V

৩. 8 g He গ্যাসের জন্য আদর্শ গ্যাস সমীকরণ কোনটি?
ক PV = nRT খ PV = RT
গ PV = 2RT ঘ 2PV = RT

৪.


চিত্রানুসারে 'V' এর মান কত dm^3?
ক 0.125 খ 0.72
গ 2 ঘ 0.18

৫. Na_2CO_3 ও HCl দ্রবণের টাইট্রেশনে উপযুক্ত নির্দেশক হলো–
i. মিথাইল অরেঞ্জ
ii. ফেনলফথ্যালিন
iii. মিথাইল রেড
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

৬. কোন যৌগটিতে π ইলেকট্রন আছে?
ক বেনজিন খ ক্লোরোফরম
গ মিথানল ঘ ইথেন

৭. চায়না ক্লের সংকেত কোনটি?
ক $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$
খ $Al_2O_3 \cdot K_2O \cdot SiO_2$
গ $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$
ঘ $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$

৮. $E^\circ_{Zn/Zn^{2+}} = 0.76V$
$E^\circ_{H/H^+} = 0.$
তড়িদ্দ্বার দ্বারা গঠিত তড়িৎ কোষের সংকেত–
ক $Zn(s)/Zn^{2+} \parallel H^+(aq)/H_2$, Pt
খ $Zn/Zn^{2+}(aq) \parallel H^+(aq)/H_2$, (1 atm), Pt
গ Pt, (1atm) $H_2/H^+(aq) \parallel Zn^{2+}(aq)/Zn(s)$
ঘ Pt, $H_2/H^+(aq) \parallel Zn^{2+}(aq)/Zn(s)$

■ নিচের কোষ বিক্রিয়াটির আলোকে ৯ ও ১০ নম্বর প্রশ্নের উত্তর দাও :
$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$
[E = +1.1 V]

৯. বিক্রিয়াটি কোন ধরনের কোষের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য?
ক শুষ্ককোষ
খ লেকল্যান্স কোষ
গ ড্যানিয়েল কোষ
ঘ তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষ

১০. কোষটিতে $E^\circ_{Zn/Zn^{2+}} = 0.67$ V হলে–
i. $E^\circ_{Cu^{2+}/Cu} = +0.43$ V
ii. Zn দণ্ড থেকে Cu দণ্ডে তড়িৎ প্রবাহিত হয়
iii. কোষটি উভমুখী কোষে পরিণত করা যায়
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

১১. $CH \equiv CH \xrightarrow[\text{আর্দ্র বিশ্লেষণ}]{H^+/Hg^{2+}} A \xrightarrow{\text{পুনর্বিন্যাস}} B.$
'B' যৌগটি–
i. ফেহলিং দ্রবণকে বিজারিত করে
ii. অ্যালডল বিক্রিয়া দেয়
iii. জারিত হয়ে এসিড উৎপন্ন করে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

১২. ১°, ২° ও ৩° অ্যামিনের মধ্যে পার্থক্য নির্ণয় করতে ব্যবহৃত হয়–
ক HNO_3 খ Zn ও HCl
গ HNO_2 ঘ $CHCl_3$

১৩. কোনটির জন্য কয়লা গ্যাসীয়করণ করা হয়?
ক CO খ CO_2
গ $H_2N - CO - NH_2$ ঘ NH_3

১৪. $AgNO_3$ দ্রবণে 5 amp তড়িৎ 10 মিনিট চালনা করা হলে ক্যাথোডে কি পরিমাণ সিলভার জমা হবে?
ক 0.559 g খ 1.462 g
গ 3.360 g ঘ 3.388 g

১৫. লবণ সেতুতে নিচের কোন যৌগটি ব্যবহার করা যাবে?
ক KNO_3 খ KNO_2
গ $KMNO_4$ ঘ $K_2Cr_2O_7$

১৬. ইউরিয়া সারের কাজ–
i. মাটির উর্বরতা বৃদ্ধি করা
ii. মাটির নাইট্রোজেনের ঘাটতি পূরণ করা
iii. মাটির pH বৃদ্ধি করা
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

১৭. ন্যানো কণার আকৃতি হলো–
ক 1 – 10 nm খ 1 – 50 nm
গ 1 – 100 nm ঘ 1 – 200 nm

১৮. 0.01 M HCl এর 500 ml সাথে 0.5 M 20 ml Na_2CO_3 দ্রবণ মিশ্রিত করা হল। মিশ্রণের ঘনমাত্রা কত মোলার?
ক 0.011 খ 0.014
গ 0.017 ঘ 0.019

১৯. $H_2CO_3 + H_2O \rightleftharpoons HCO_3^- + H_3O^+$ বিক্রিয়ার অনুবন্ধী অম্ল জোড় –
ক $H_2CO_3 \cdot HCO_3^-$ খ H_3O^+, H_2CO_3
গ H_3O^+, H_2O ঘ H_2O, HCO_3^-

২০. টটোমারিজম প্রদর্শন করে–
ক প্রোপানোন খ প্রোপান্যাল
গ প্রোপানয়িক এসিড ঘ প্রোপানল-২

২১. – 273°C এ N_2 এর মোলার আয়তন কত dm^3?
ক 0 খ 6.023
গ 22.4 ঘ 24.789

২২. প্রাকৃতিক গ্যাস + $O_2 \xrightarrow{\text{দ্রবণ}} A + H_2O$ A যৌগটি–
i. গ্রিন হাউজ প্রভাবের কারণ
ii. ইউরিয়া উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়
iii. নিরপেক্ষ অক্সাইড
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii

২৩. $CH_2 = CHBr + HBr \longrightarrow A$
A কোনটি?
ক $CH_3 - CHBr_2$
খ $CH(Br) - CH(Br)$
গ $CHBr = CH_2$
ঘ $CH_2Br - CH_2Br$

২৪. সেলুলোজে কোন বন্ধনটি বিদ্যমান?
ক হাইড্রোজেন
খ α-গ্লাইকোসাইডিক
গ β-গ্লাইকোসাইডিক
ঘ পেপটাইড

২৫. গ্রিগনার্ড বিকারক + RCHO ⟶ X.
X কি?
ক ১° অ্যালকোহল খ ২° অ্যালকোহল
গ ৩° অ্যালকোহল ঘ জৈব এসিড

২৬. কোনটি সেমি-মোলার দ্রবণ?
ক 0.01 M খ 0.05 M
গ 0.1 M ঘ 0.5 M

২৭. $S_4O_6^{2-}$ আয়নটিতে 'S' এর জারণমান হল–
ক + 2 খ + 2.5
গ + 3.5 ঘ + 6

২৮. 3.5% $NaHCO_3$ এর ঘনমাত্রা কত মোলার?
ক 0.3301 খ 0.4167
গ 0.5267 ঘ 0.8132

২৯.  $\xrightarrow[HNO_3\ (con)]{H_2SO_4\ (con)} A \xrightarrow{Sn,\ HCl} B$
B যৌগটি–
i. অম্লধর্মী
ii. ক্ষারধর্মী
iii. এর কার্যকরী মূলক অর্থো-প্যারা নির্দেশক
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii

■ নিচের বিক্রিয়ার আলোকে ৩০ ও ৩১ নম্বর প্রশ্নের উত্তর দাও :
$2R - X + 2Na \xrightarrow[\text{শুষ্ক ইথার}]{} R - R + 2NaX$

৩০. বিক্রিয়াটি কি নামে পরিচিত?
ক উর্টজ ফিটিগ খ ফ্রিডেল ক্র্যাফট
গ উর্টজ ঘ কোব

৩১. বিক্রিয়াটির ক্ষেত্রে–
i. বিজোড় কার্বনের অ্যালকেন উৎপন্ন হয়
ii. সবসময় জোড় কার্বনের অ্যালকেন উৎপন্ন হয়
iii. মিথেনের সংশ্লেষণ অসম্ভব
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i খ ii গ i ও iii ঘ i ও ii

৩২. 2 g CO_2-এ C পরমাণুর সংখ্যা কত?
ক 2.73×10^{23} টি খ 2.73×10^{22} টি
গ 1.36×10^{22} টি ঘ 6.023×10^{23} টি

৩৩. ব্লিচিং পাউডারে ক্লোরিনের জারণমান–
i. +1 ii. 0 iii. −1
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i খ ii
গ i ও iii ঘ i ও ii

৩৪. অম্লীয় মাধ্যমে $Na_2Cr_2O_7$ কয়টি ইলেকট্রন গ্রহণ করে?
ক 3 খ 4
গ 5 ঘ 6

৩৫. জিপসামের সংকেত কোনটি?
ক $CaSO_4 \cdot 5H_2O$ খ $CaSO_4 \cdot 2H_2O$
গ $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ঘ $ZnSO_4 \cdot 2H_2O$

উত্তরমালা

১	খ	২	ঘ	৩	গ	৪		৫	ঘ	৬	ক	৭	ক	৮	খ	৯	গ	১০	ঘ	১১	ঘ	১২	গ	১৩	ক	১৪	ঘ	১৫	ক	১৬	ক	১৭	গ	১৮	খ
১৯	ক	২০	ক	২১	ক	২২	ঘ	২৩	ঘ	২৪	গ	২৫	খ	২৬	গ	২৭	খ	২৮	খ	২৯	গ	৩০	গ	৩১	খ	৩২	খ	৩৩	গ	৩৪	ঘ	৩৫	খ		